

Vorlesungen

über

Meteorologie

von

Ludwig Friedrich Rämz,

Dr. Med. et Philos., Professor der Physik an der Universität zu Halle.



Mit sechs Tafeln in Steindruck.

Halle,

in der Gebauerschen Buchhandlung.

1840.

V o r r e d e.

Wenige Bemerkungen werden genügen, um Zweck und Plan dieser Schrift anzugeben. In meinem Lehrbuche der Meteorologie, dessen drei Bände in derselben Verlags-Handlung, als diese Vorlesungen, in den Jahren 1831, 32 und 36 erschienen sind, war mein Streben vorzugsweise dahin gerichtet, die wichtigsten Geseze der Meteorologie möglichst vollständig zu begründen und das Verfahren zu zeigen, wie die Beobachtungen angestellt und bearbeitet werden müßten. Deshalb hatte ich so viel Material aus allen Theilen der Erde zusammengetragen, als mir zweckmäßig schien und die allerdings nicht sehr reichhaltigen Bibliotheken in Halle gestatteten; sodann aber hatte ich die mathematischen Geseze, von denen die einzelnen Zahlengrößen abhingen, so ausführlich entwickelt, als dieses nöthig und zweckmäßig erschien; endlich hatte ich eine Bekanntschaft mit den wichtigsten Gesezen der Physik vorausgesetzt. Naturforscher, deren Urtheil mir nicht gleichgültig

478 A

Taschen-Rechnung
Meteorologie

2220

war, haben sich mündlich und schriftlich gegen mich geäußert, daß ihnen der von mir eingeschlagene Weg derjenige zu seyn schiene, welcher am sichersten zum Ziele führe und daß ihrer Ansicht nach viele der von mir aufgestellten Gesetze naturgemäß wären; eben dieses wurde in mehreren Beurtheilungen in öffentlichen Blättern ausgesprochen, und in mehreren Lehrbüchern der Physik, welche seit jener Zeit erschienen sind, ist ein Theil der von mir gefundenen Thatsachen aufgenommen worden.

So schmeichelhaft mir diese Urtheile sind, so fühlt gewiß Niemand mehr als ich, wie unvollkommen mehrere der von mir aufgestellten Behauptungen begründet sind, wie es hauptsächlich an Beobachtungen und an Kräften zur Bearbeitung der letzteren fehlt, um eine große Zahl von Sätzen zu prüfen. Gewiß ist es, daß vielleicht in der nächsten Zukunft manche Aeußerungen modificirt werden müssen, und ich selbst habe bei Fortsetzung dieser Untersuchungen nicht wenige solcher Modificationen aufgefunden. Jedoch ist das Ganze im Allgemeinen unverändert geblieben, denn es hat sich zu gleicher Zeit gezeigt, daß die Rolle, welche ich namentlich der Wärme zugeschrieben habe, eher zu klein, als zu groß gewesen ist. Indem ich auf diese Art die wichtigsten Ereignisse in dem Luft-oceane aus wenigen einfachen Principien ableitete, glaube ich zugleich den Werth und die Bedeutung von jenem unbestimmten Umherreden und Rathen gezeigt zu haben, wie es in so man-

chen Producten selbst der neuesten Zeit vorkommt, deren Verfasser sich wahrscheinlich nie die Mühe gegeben haben, ein Phänomen aufmerksam zu verfolgen.

Indessen bin ich sehr häufig aufgefordert worden, eine kürzere Darstellung dieses Theiles der Physik zu geben; ich habe deshalb in der vorliegenden Arbeit die Meteorologie so vorgetragen, wie ich sie gewöhnlich in meinen Vorlesungen an der hiesigen Universität zu geben pflege, und da die wenigen Studirenden auf derselben, deren Fleiß nicht bloß auf die nothwendigen Brodstudien gerichtet ist, und welche diesen Vorlesungen beiwohnten, dadurch eine klare Uebersicht über das Ganze erhielten, so glaube ich auch damit vor dem größern Publikum auftreten zu dürfen. Ich habe darin alle mathematischen Entwicklungen weggelassen, und eben so habe ich in der Kürze die wichtigsten Hülfsätze aus der Physik mitgetheilt. Ob mir diese Darstellung gelungen ist, muß ich der Beurtheilung Anderer überlassen.

Eine Vergleichung des hier Gegebenen mit meinem Lehrbuche wird zeigen, daß ich zwar im Allgemeinen denselben Weg gegangen bin, als früher, daß aber Manches besser begründet ist, als ich es vor fast zehn Jahren thun konnte. Fortgesetzte eigene Erfahrungen, ein längerer Aufenthalt in den Alpen, und die vielen Thatsachen, welche in neueren Zeiten aus fernen Gegenden mitgetheilt sind, haben vorzugsweise zu diesen

Verbesserungen genöthigt. Besonders muß ich in letzterer Hinsicht des trefflichen Materiales rühmend gedenken, was in manchen Ländern von Seiten der Regierungen gesammelt wird. Vor allen thätig sind die Akademien zu Copenhagen und Petersburg. Nicht bloß sorgen sie dafür, daß Beobachtungen in der Nähe und Ferne mit guten Instrumenten angestellt werden, sondern durch die Herausgabe derselben wird auch entfernten Meteorologen die Möglichkeit zu einer nähern Vergleichung gegeben. Die große Freigebigkeit, mit welcher Se. Majestät, der Kaiser Nicolaus von Rußland, in verschiedenen Gegenden seines ausgedehnten Reiches meteorologische Observatorien errichtete, kann nicht genug gerühmt werden; und wenn einst in späteren Zeiten die Meteorologie mehr begründet seyn wird, wenn man den innigen Zusammenhang ihrer einzelnen Theile mehr erkannt haben wird, dann wird Sein Name von den Physikern mit derselben Verehrung genannt werden, mit welcher jetzt die Astronomen die Fürsten von Böhmen, Dänemark und Hessen nennen, welche die verkannten Astronomen im 16ten und 17ten Jahrhundert unterstützten und ihnen die nöthigen Hülfsmittel zur Anstellung von Beobachtungen gaben.

Es giebt wohl wenige Theile der Naturwissenschaften, von deren Zweck und Tendenz so unrichtige Ansichten herrschen, als von der Meteorologie. Gewöhnlich glaubt man, daß der Meteorolog sich damit beschäftige, das Wetter vorauszusagen,

ja man fordert nicht selten, daß er dieses mit hinreichender Gewißheit thun müsse. Wie lächerlich eine solche Behauptung sey, fühlt wohl Niemand besser, als der Meteorolog. Wenn gleich der Stand der Instrumente und die Beschaffenheit der Witterung im jetzigen Augenblicke einigermaßen die künftige Witterung erkennen läßt, so giebt es doch zugleich so viele unbekannte Momente, daß eine jede Vermuthung dieser Art nur als bloße Vermuthung angesehen werden darf. Es kann nicht genug hervorgehoben werden, daß alle Gegenden der Erde in einem ewigen Wechselverkehre stehen, daß unaufhörlich Luft vom Aequator nach den Polen, aus der nördlichen Halbkugel nach der südlichen strömt und wieder zurückkommt, und daß die Witterung, welche wir in Deutschland haben, zugleich von der auf dem atlantischen Meere, in den Polargegenden, im Innern von Asien und Africa abhängt, und daß wir also durchaus nichts Bestimmtes über die jetzige Witterung, viel weniger noch über die zukünftige sagen können, sobald als es an Beobachtungen aus diesen Gegenden fehlt. Der Meteorolog ist durchaus nichts als Geschichtsschreiber der Witterung, er hat es nur damit zu thun, die Geseze der vergangenen Ereignisse aufzusuchen, und so wenig man es von einem Erzähler der Völkergeschichte fordert, daß er die zukünftigen Ereignisse mit Bestimmtheit angebe, eben so wenig darf man es von ihm verlangen. Wie weit verbreitet aber irrige Ansichten über Wesen und Zweck der Meteorologie selbst unter Astronomen sind, davon hat der bekannte Bielschreiber Herr Edler von Lit-

trow bei der Zusammenkunft der deutschen Naturforscher in Sena ein glänzendes Beispiel geliefert. Er zeigt dort ausführlich, daß man in der Meteorologie noch gar nichts wisse, und daß eine Beschäftigung damit thöricht sey; das Publicum, auf welches Hr. v. Littrow durch seine zahllosen Schriften vorzugsweise zu wirken bemüht ist — klatschte Beifall. Wann wird wohl die Zeit kommen, wo man nicht mehr genöthigt ist, Gelehrten das Bekannte Si tacuisses, philosophus mansisses, zuzurufen?

Schließlich erlaube ich mir noch einige Berichtigungen. Auf S. 462. habe ich über den geringen Nutzen der Hagelableiter gesprochen; auch spätere Erfahrungen haben gezeigt, daß jene auf dem Felde aufgerichteten Stangen nutzlos wären. Indessen hat man in diesem so hagelreichen Jahre in Baiern, in dem Lande, in welchem einst Karl Theodor die meteorologische Societät zu Mannheim stiftete, einen andern Vorschlag gemacht, den ich jedoch bis jetzt nur aus einer Zeitungsnachricht kenne. Es heißt nämlich in einem Correspondenz-Artikel aus Regensburg vom 7. August 1839 in der Leipziger Allgemeinen Zeitung 1839 Nr. 225 S. 2639: „Vor Kurzem haben die Mönche ein Feuer öffentlich angeschürt, damit die Landleute Stöcke hineinhalten könnten. Diese Stöcke trägt das Landvolk hinaus auf die Felder und steckt sie in den Boden — es schützt vor Hagelschlag. Ein Bauer will es noch besser machen, steckt einige Hände voll Asche in seine Rock-

tasche, geht fort, die Tasche fängt Feuer, der Rock des Bauern brennt.“ Von der Wirkung dieses Mittels ist mir nichts bekannt, auch gestehe ich aufrichtig, daß ich den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung nicht zu erkennen vermag.

Wichtiger ist eine Bemerkung, welche ich zu S. 334 zu machen habe. Dort habe ich den Einfluß der Winde auf das Höhenmessen mit dem Barometer betrachtet, und glaubte, daß der mittlere Höhenunterschied nahe dann Statt fände, wenn die Richtung des Windes mit der beide Orte verbindenden Linie zusammenfiel, während das Maximum und Minimum senkrecht auf dieser Linie ständen. Wird dieses Resultat auch durch die dort angeführten Thatsachen bestätigt, so haben fortgesetzte Untersuchungen mir doch gezeigt, daß dabei etwas andere Verhältnisse Statt finden. Ich habe nämlich noch den Höhenunterschied zwischen Halle und Paris, so wie Halle und Zürich berechnet und diese Größen nach denselben Winden geordnet, welche im Mittel im nördlichen Deutschland wehten. Auf diese Art habe ich vermittelst 3jähriger Beobachtungen folgende Abweichungen vom allgemeinen Mittel gefunden:

	N	ND	D	SD	S	SW	W	WN
Berlin +	1,5	- 5,0	- 7,4	- 7,3	- 3,5	+ 0,9	+ 3,6	+ 5,2 Loisen
Paris +	4,2	+ 11,3	+ 13,7	+ 18,2	+ 12,2	- 3,4	- 12,8	- 12,5 —
Zürich +	13,2	+ 22,0	+ 18,5	+ 14,0	- 3,2	- 11,0	- 12,3	- 7,1 —

Gehen wir von dem Niveau von Halle aus und denken uns, da wir die hier gegebenen Größen durch Vergleichung mit dem allgemeinen Mittel gefunden haben, Berlin, Halle, Paris und Zürich in demselben Niveau liegend, so zeigt das Zeichen + in dieser Tafel an, daß der Ort über diesem Niveau liegt, das Zeichen — daß er unter demselben befindlich ist, oder, wenn wir die rein barometrischen Verhältnisse betrachten, so zeigt das Zeichen + an, daß auf dem vorausgesetzten Niveau das Barometer tiefer steht als in Halle, während das Zeichen — das Gegentheil bedeutet. Es bedarf übrigens wohl kaum einer Erwähnung, daß die Größen, welche ich hier für Berlin mitgetheilt habe, naturgemäßer zu seyn scheinen, als die auf S. 335 gegebenen, da sie auf einer längeren Reihe von Beobachtungen beruhen. Daß ihr Zeichen hier das entgegengesetzte von dem dort gegebenen ist, hat seinen Grund darin, daß ich zu der Zeit, wo ich die Untersuchungen für Berlin und Halle anstellte, nur den Höhenunterschied beider Orte überhaupt vor Augen hatte, ohne mich darum zu kümmern, daß Berlin unter Halle lag, bis mich die Vergleichung anderer Orte nöthigte, darauf Rücksicht zu nehmen. Wenn wir das Gesetz dieser Größen auffuchen, so finden wir folgende Werthe

Berlin	D 12° E,	- 8,07,	W 32° N + 5,10	Zollsen
Paris	ED	+ 17,09,	W 15° N - 15,25	—
Zürich	N 62° D,	+ 22,74,	E 70° W - 14,15	—

So wird für Berlin allerdings das Gesagte bestätigt und die Abweichung von Geseke Ramond's ist auffallend; zugleich sehen wir aber, wie die geographische Lage Einfluß darauf hat, wie es namentlich die für Zürich gefundenen Größen zeigen. Jedenfalls liegen hier großartige Verhältnisse zum Grunde, über welche ich bis jetzt noch nichts mit Bestimmtheit zu sagen wage, da eine Vergleichung mit einer größern Zahl verschiedenen gelegener Orte fehlt; besonders wünschenswerth würde eine Berechnung von Punkten seyn, welche südöstlich und nordwestlich von Halle liegen, doch fehlt es mir ganz an den nöthigen Beobachtungen. Wahrscheinlich werden hier Geseke Statt finden, welche mit den beiden vorherrschenden Luftströmen (SW und ND) im Zusammenhange stehen. Wird nun einerseits dadurch bestätigt, daß die Winde aus einer Zunahme des Luftdruckes in derjenigen Gegend erzeugt werden, aus welcher sie wehen, so haben anderweitige Untersuchungen, welche wegen des fehlenden Materiales freilich ebenfalls nur fragmentarisch sind, gezeigt, daß diese Ungleichheit des Barometerstandes wieder ihren Grund in einer Temperaturverschiedenheit habe. Betrachten wir z. B. die Lage, an denen im nördlichen Deutschland der SW geweht hat, und vergleichen dann die Temperaturen in verschiedenen Gegenden Europa's; bringen ferner die nöthigen Correctionen wegen der Verschiedenheit der mittlern Wärme an, so daß wir annehmen, ganz Europa habe dieselbe mittlere Temperatur als Halle, so finden wir, daß Wien und Prag etwa 2 bis 3° kälter sind als Halle, in

Breslau beträgt dieser Unterschied 1 bis 2°; Königsberg und Memel sind etwa so warm als Halle, dagegen verschiedene Orte in England etwa 2°, Petersburg 4° wärmer als Halle. Wir finden also östlich und südlich von Halle eine größere Kälte, dort nimmt der Luftdruck zu und in der Tiefe weht der Wind aus SO. Ganz etwas Aehnliches gilt von anderen Winden, doch ist die Untersuchung noch zu wenig vollständig, um sie hier in allen ihren Einzelheiten mittheilen zu können.

Halle, den 19. September 1839.

L. F. R ä m s.

I n h a l t.

Einleitung S. 1.

Erster Abschnitt. Betrachtungen über den Gang der Wärme im Allgemeinen.

Wichtigkeit der Wärme bei Erzeugung meteorologischer Phänomene S. 7. Thermometer S. 7. Wärmeleitung S. 12. Wärmestrahlung S. 13. Wärme-Capacität S. 14. Wirkung der Sonne auf die Temperatur S. 15. Gang der Temperatur während des Tages S. 18. Bestimmung der mittlern Wärme S. 26. Gang der Wärme während des Jahres S. 30. Jahreszeiten S. 33. Abhängigkeit der Temperatur von der Polhöhe S. 34. Temperatur der oberen Luftschichten S. 34.

Zweiter Abschnitt. Von den Winden.

Allgemeine Betrachtungen S. 36. Richtung der Winde S. 37. Geschwindigkeit S. 38. Mittlere Windrichtung S. 40. Ursachen der Winde S. 41. Ungleichheit der Winde in verschiedenen Gegenden S. 46. Land- und Seewinde S. 46. Passatwinde S. 48. im großen Oceane S. 50. auf dem atlantischen Meere S. 51. Westwind der höheren Luftschichten S. 52. Winde im indischen Meere S. 53. auf dem mitteländischen Meere S. 57. Herabsinken des Westwindes der oberen Luftschichten in höheren Breiten S. 58. Windverhältnisse in höheren Breiten S. 60. Häufigkeit nordöstlicher Winde S. 61. Veränderlichkeit der Winde in unseren Gegenden S. 62. Einfluß der Jahreszeiten auf die Winde S. 65. Ausbreitungsart der Winde S. 66. Physische Eigenschaften mancher Winde S. 67. Heiße Winde S. 68.

Dritter Abschnitt. Von den wässrigen Meteor.

Allgemeine Bemerkungen über Gase und Dämpfe S. 74. Physische Beschaffenheit der Atmosphäre S. 76. Verschiedenheit der Gase und Dämpfe S. 77. Chemische Zusammensetzung der Atmosphäre S. 81. Durchbringen der Gase S. 85. Elasticität des Wasserdampfes bei ver-

schiedenen Temperaturen S. 86. Gewicht desselben S. 91. Latente Wärme des Dampfes S. 92. Hygrometer S. 95. Variationen des Dampfes im Laufe des Tages S. 101. während des Jahres S. 111. Dampfverhältnisse in verschiedenen Gegenden der Erde S. 112. in der Höhe und Tiefe S. 115. Einfluß der Winde auf die Dampfverhältnisse S. 119. Niederschlagung der Dämpfe S. 127. Thau und Reif S. 129. Nebel S. 134. Nebelbläschen S. 134. Entstehung des Nebels S. 138. Wolken auf Gebirgen S. 142. Wolken S. 144. Ursache des Schwebens der Wolken S. 152. Regen und Schnee S. 154. Schneefiguren S. 157. Regen ohne Wolken S. 164. Wassermenge bei einzelnen Regnen S. 165. Regen zwischen den Wendekreisen S. 165. Regen in höheren Breiten S. 169. Regenwinde in Europa S. 171. Regen in den einzelnen Jahreszeiten S. 174. am mittelländischen Meere S. 177.

Vierter Abschnitt. Gesetze der Wärmevertheilung auf der Erde.

Schwächung der Wärme beim Durchgange durch die Körper S. 182. Schwächung des Sonnenlichtes beim Durchgange durch die Atmosphäre S. 184. Wärme der Erde und des Weltraumes S. 187. Einfluß der Hydrometeore auf die Temperatur S. 190. Einfluß der Winde auf die Temperatur S. 194. Temperaturerxtreme an verschiedenen Orten S. 200. Continental- und Seeklima S. 203. Hochiminen und Isothermen S. 208. Mittlere Temperatur der Erde S. 210. Ungleichheit der Temperatur bei gleicher Polhöhe S. 214. Ursachen davon S. 215. Temperatur des Aequators S. 221. Isothermen S. 224. Temperatur des Poles S. 229. Kältepole S. 230. Temperatur der südlichen Halbkugel S. 231. des Bodens S. 235. der Quellen S. 238. Abnahme der Wärme mit der Höhe S. 241. Vegetation der Gebirge S. 249. Schneegränze S. 256.

Fünfter Abschnitt. Schwankungen des Barometers.

Schwere der Luft S. 266. Barometer S. 268. Elasticität der Luft S. 271. Methoden den Luftdruck zu bestimmen S. 274. Auskochen des Barometers S. 276. Scale des Barometers S. 277. Correction wegen der Temperatur S. 278. Tägliche Schwankungen S. 284. Wendestunden in verschiedenen Jahreszeiten S. 289. Größe der täglichen Oscillationen S. 290. Abhängigkeit von der Polhöhe S. 297. Ursache aller Barometerveränderungen S. 301. der täglichen Variationen S. 309. Mittlerer Barometerstand S. 317. am Meere S. 318. in verschiedenen Jahreszeiten S. 320. Unregelmäßige Schwankungen S. 325. Barometrische Windrosen S. 327. Einfluß der Drehung der

Winde auf den mittlern Barometerstand S. 331. Gleichzeitiger Barometerstand an verschiedenen Orten S. 333. Unregelmäßige tägliche Bewegungen S. 336. Monatliche Extreme S. 339. Isobarmetrische Linien S. 342. Barometerstand bei Regen S. 348. bei Stürmen S. 346.

Sechster Abschnitt. Electriche Erscheinungen in der Atmosphäre.

Ältere Ansichten über das Gewitter S. 379. Electriche Anziehung und Abstoßung S. 381. Electricirung durch Vertheilung S. 384. Electrometer S. 388. Ursache der Luotelectricität S. 391. Electriche Licht S. 392. Electricität bei heiterm Himmel S. 394. bei Thau und Nebel S. 399. bei Regen S. 400. Ausbildung der Gewitter S. 403. Blitz S. 405. Donner S. 407. Wirkungen des Blitzes S. 412. Blitzableiter S. 414. Geruch des Blitzes S. 415. Blitzröhren S. 415. Gewitter zwischen den Wendekreisen S. 417. in höheren Breiten S. 420. in Scandinavien S. 421. am Nordrande des Mittelmeeres S. 423. Ausbildung der Gewitter S. 425. Höhe der Gewitterwolken S. 428. Electricität der Gewitter S. 431. Rückschlag S. 435. Wetterseiden S. 436. Wintergewitter S. 437. Wetterleuchten S. 439. St. Elmsfeuer S. 443. Hagel S. 445. Größe der Körner S. 446. Tageszeit der Hagelwetter S. 448. Jahreszeit derselben S. 449. Hagel in höheren Regionen S. 450. zwischen den Wendekreisen S. 454. Geräusch beim Hagel S. 455. Zug der Hagelwetter S. 456. Luftdruck und Wärme bei denselben S. 457. Volta's Theorie des Hagels S. 459. Entstehung der Graupeln S. 462. des Hagels S. 463. Wasserhosen S. 470.

Siebenter Abschnitt. Von den optischen Phänomenen.

Wesen des Lichtes S. 475. Brechung und Reflexion S. 476. Farben S. 478. Absorption in durchsichtigen Körpern S. 482. Durchsichtigkeit der Atmosphäre S. 483. Blaue Farbe der Luft S. 487. Dämmerung S. 491. Morgen- und Abendröthe S. 496. Höhe der Atmosphäre S. 499. Wasserziehen der Sonne S. 500. Strahlenbrechung in der Luft S. 501. Funkeln der Sterne S. 502. Luftspiegelung S. 506. Höfe im Allgemeinen S. 511. Lichtkränze S. 512. Gegensonne S. 517. Höfe S. 519. Kreise deren Mittelpunkt die Sonne ist S. 522. Kreise welche durch die Sonne gehen S. 527. Nebensonnen S. 530. Berührungskreise S. 530. Witterung zur Zeit von Höfen S. 530. Regenbogen S. 532. Secundäre Bögen S. 537.

Achter Abschnitt. Von den Polarlichtern.

Allgemeine Bemerkungen S. 539. Richtung der Magnetnadel S. 540. Magnetismus der Erde S. 541. Magnetpole S. 543. Intensität des Erdmagnetismus S. 544. Regelmäßige Variationen desselben S. 544. Unregelmäßige Aenderungen S. 546. Polarlichter S. 547. Dunkles Segment S. 547. Heller Bogen S. 549. Strahlenschießen S. 550. Nordlichtskrone S. 551. Ausdehnung der Nordlichter S. 552. Periodicität derselben S. 553. Höhe derselben S. 554. Geräusch bei denselben S. 556. Witterung bei ihnen S. 557. Erdmagnetismus bei Nordlichtern S. 558. Ursache der Nordlichter S. 559.

Neunter Abschnitt. Problematische Erscheinungen.

Bemerkungen über ungewöhnliche Phänomene S. 561. Schwefelregen S. 562. Blutregen S. 563. Getreidereggen S. 564. Thierregen S. 565. Höherauch S. 565. Sternschnuppen und Meteorsteine S. 571. Höhe der Feuermeteore S. 572. Häufigkeit der Sternschnuppen S. 573. Ansehen der Feuerkugeln S. 575. Meteorsteine S. 576. Eisenmassen S. 578. Entstehung der Feuermeteore S. 579. Vulcanische Hypothese S. 580. Mondsteine S. 580. Atmosphärische Hypothese S. 581. Kosmische Hypothese S. 582.

E i n l e i t u n g.

Indem ich in den folgenden Vorlesungen eine Darstellung des Vorganges bei den meisten Veränderungen in unserer Atmosphäre geben und soviel als möglich eine genügende Erklärung von ihnen mittheilen will, sehe ich mich sogleich zu der Bemerkung genöthigt, daß die Meteorologie, derjenige Theil der Physik, welcher sich mit diesem Probleme beschäftigt, zwar einer der interessantesten und wichtigsten, aber auch zugleich der schwierigsten und dunkelsten Abschnitte dieser Wissenschaft ist. Als Geschöpfe, die sich im Innern des Lustoceanes befinden, welcher die Erde rings umgiebt, sehen wir sehr bald eine Menge mehr oder minder von einander abweichender Vorgänge in ihm einander folgen. Bald heiter, bald trübe, warm oder kalt, vollkommen ruhig oder heftig bewegt, muß dieser Zustand der Luft auf uns und auf alle organische Wesen einen wichtigen Einfluß äußern. Dieser Wechsel einzelner Erscheinungen, welcher mit dem Namen der Witterung bezeichnet wird, fordert den Menschen, welcher die Umgebungen nicht bloß oberflächlich betrachtet, unwillkürlich zu der Frage nach der Ursache dieser Veränderungen auf; nicht bloß das reinwissenschaftliche Interesse treibt zu dieser Untersuchung, sondern die Wichtigkeit, welche eine genaue Kenntniß dieser Thatsachen für viele Verrichtungen im gemeinen Leben hat. Dazu gesellt sich noch der große Einfluß der Witterung auf unser eigenes körperliches und geistiges Befinden. Wenn Wochen lang der Himmel mit einem gleichförmigen Grau bedeckt ist, so werden

Ramz Vorles. üb. Met.

auch wie endlich trübe, und mit seiner Aufklärung kehrt unsere heitere Stimmung zurück, gerade so wie bei veränderlichem, regnerischem und nassem Wetter die Zahl der Erkrankten weit größer ist, als bei schöner Witterung.

Daher haben die Menschen von jeher ihre Geisteskräfte zur Erforschung der Witterung benutzt, ja man kann wohl sagen, daß dieses Streben die ersten Anfänge der Physik bildet, da diese Veränderungen der leblosen Natur zuerst auffallen mußten. Nicht bloß finden wir in den Schriften der Griechen und Römer eine Menge von Thatsachen und Gesetzen, welche unsern Gegenstand betreffen, sondern die Reisenden haben bei allen Nationen, mit denen wir in den letzten Jahrhunderten bekannt geworden sind, Erfahrungen über atmosphärische Erscheinungen angetroffen, mochten diese Völker auch auf einer noch so niedrigen Stufe der Bildung stehen. Beweisen die erwähnten Thatsachen, daß dieses Studium ein großes Interesse für den Menschen hat, so sollte man zugleich erwarten, daß kein Theil der Naturwissenschaften so sehr ausgebildet wäre, als dieser. Aber ungeachtet seit Jahrtausenden so viele Menschen ihre Geistesthätigkeit auf die Lösung unserer Aufgabe gerichtet haben, so ist doch kaum ein Theil der Physik dunkler als dieser. Mit wenigen Worten will ich hier die Gründe davon angeben.

So groß die Zahl der Erfahrungen über die Veränderungen in unserer Atmosphäre auch ist, so sind diese doch nur Beobachtungen im engeren Sinne, d. h. Erscheinungen, welche wir so machen, wie die Natur uns dieselben zeigt, dagegen fehlt es ganz an eigentlichen Versuchen, bei denen wir einzelne Umstände nach Willkür abgeändert haben, um dadurch eine beliebige Witterung hervorzubringen. Unsere Kräfte und Hilfsmittel sind viel zu unbedeutend, um auch nur in dem kleinsten Raume das Wetter zu ändern, höchstens ist es uns möglich gewesen, durch Versuche einige der wichtigsten Gesetze kennen zu lernen, welche die luftartigen Körper unter verschiedenen Umständen zeigen. Diese Schwierigkeit, Versuche anzustellen, welche die Meteorologie mit den übrigen Theilen der physischen Geographie gemein hat, ist ein bei weitem wichtigeres Hinderniß für ihre Fortschritte, als häufig geglaubt wird. Wenn wir nämlich bloße

Beobachtungen im engeren Sinne machen, gleichen wir, wie ein geistreicher Naturforscher (J. F. W. Herschel) bemerkt, einem Menschen, welcher dann und wann auf eine Erzählung horcht, die Jemand vielleicht dunkel oder stückweise oder in langen Zwischenräumen mittheilt. Nur dann, wenn wir uns das Gesagte wiederholen, vermögen wir das Ganze zu erfassen, doch wird in unserer Ansicht davon eine Menge von Lücken übrig bleiben, indem wir einzelne Umstände ganz überhören oder ihre Wichtigkeit übersehen. Wenn wir dagegen im Stande sind, unsern Zeugen auszufragen, wenn wir nähere Nachweisung über einzelne, sich scheinbar widersprechende Thatsachen verlangen, nur dann wird es uns möglich, eine klare Einsicht in den Vorgang zu erlangen. Solche an die Natur gerichtete Fragen sind die Versuche.

Sehen wir uns demnach genöthigt, uns in der Meteorologie auf bloße Beobachtungen zu beschränken, so ergiebt sich daraus sogleich, daß manche Dunkelheiten übrig bleiben müssen. Wollen wir ihre Gesetze näher untersuchen, so müssen wir zunächst eine Reihe scheinbar ähnlicher Vorgänge zusammenstellen, und daraus die allgemeinen Resultate herleiten. Erst dann, wenn wir letztere erkannt haben, wird es uns möglich, einzelne Abweichungen näher zu erforschen. Wir wissen, um ein Beispiel zu erwähnen, daß das Barometer fast in beständiger Unruhe ist, daß es bald mit Schnelligkeit steigt, bald sinkt; zugleich bemerken wir bei verschiedenem Luftdrucke eine ungleiche Witterung. Eben so wenig als das Barometer einen bleibenden Standpunkt hat, nimmt die Wärme vom Winter bis zum Sommer mit Regelmäßigkeit zu, indem auf mehrere Tage, welche für die Jahreszeit ungewöhnlich warm waren, andere mit sehr niedriger Temperatur folgen. Da uns nun die Versuche gezeigt haben, daß sich die Dichtigkeit und damit das Gleichgewicht der Luft mit ihrer Wärme ändert, so bleibt die Frage, ob die anomalen Veränderungen der Temperatur mit denen des Luftdruckes zusammenhängen. Um dieses und die gegenseitige Abhängigkeit beider kennen zu lernen, beobachtet man längere Zeit hindurch zu bestimmten Tagesstunden beide Instrumente und untersuche nun, ob und um wie viel sich beide in einer Zeit von 24 Stunden ge-

ändert haben. Stellen wir dann die Erfahrungen einzeln zusammen, in denen das Barometer nahe um dieselbe Größe gestiegen oder gesunken war, und vergleichen wir damit die entsprechenden Schwankungen der Temperatur, so ergibt sich sehr bald der Zusammenhang beider Vorgänge. War nämlich das Barometer gestiegen, so zeigte sich eine ungewöhnliche Abnahme der Temperatur, die desto bedeutender war, je mehr die Zunahme des Luftdruckes betrug, die Wärme war dagegen größer geworden, wenn das Barometer gesunken war.

Wollen wir auf diese Art die Gesetze untersuchen, denen die Erscheinungen in der Atmosphäre gehorchen, so ist nicht bloß eine große Anzahl sorgfältiger Beobachtungen an einem Orte erforderlich, sondern wir müssen diese auch auf mehrfache Art unter einander combiniren, um dasjenige, was etwa zufällig Statt fand, von dem allgemeinen Gesetze zu entfernen. Macht die Combination so vieler Beobachtungen diese Arbeit für einen gegebenen Ort schon sehr weitläufig, so wird es noch schwieriger, die eben erwähnten Zufälligkeiten, welche gewöhnlich unsere Neugierde am meisten reizen, zu erklären. Wer je auch nur kurze Zeit den Stand der Instrumente an einem Orte beobachtet oder sich bemüht hat, die Gesetze eines einzigen Phänomens aus den vorhandenen Tagebüchern herzuleiten, wird häufig die Erfahrung gemacht haben, daß der Vorgang in einzelnen Fällen mit dem allgemeinen Gesetze in directem Widerspruch stand. Ich habe so eben des Sages gedacht, daß das Barometer dann steigt, wenn die Wärme schnell abnimmt, aber sehr häufig finden wir gerade das Gegentheil. Wie sollen wir diese Anomalieen erklären? Unmöglich können wir hier annehmen, daß die Natur launenhaft verfähre, wir müssen auch hier noch die Wirksamkeit derselben unwandelbaren Kräfte annehmen, welche wir bei allen Vorgängen erkennen. Solche Erscheinungen kann kein einzelner Beobachter, wäre er auch noch so aufmerksam und combinirte er seine Erfahrungen auf noch so mannichfache Art, genügend erklären. Nur dann, wenn er die gleichzeitigen Beobachtungen an andern Orten mit den seinigen combinirt, wird es möglich, Aufschluß über solche Anomalieen zu erhalten.

Sehen wir demnach, daß zur Erforschung mancher Erscheinungen eine Vergleichung der Witterungsverhältnisse an vielen Orten erforderlich ist, so häuft sich damit auch zugleich die Zahl der Schwierigkeiten, welche sich dem Meteorologen bei seinen Untersuchungen in den Weg stellen. Nicht bloß wird das durch die Arbeit weit mehr erschwert, sondern es fehlen ihm auch fast stets die nöthigen Beobachtungen von andern Orten. Selbst wenn er diese mit vieler Mühe von vielen Punkten Europa's für eine gewisse Zeit erhalten hat, so genügen diese doch selten, um ein ungewöhnliches Phänomen vollständig in seinem Vorgange zu verfolgen. Heftige Bewegungen der Atmosphäre erfolgen fast gleichzeitig auf einem großen Theile der ganzen Erde; nicht bloß müßten wir dann die Beobachtungen aus der nördlichen und südlichen, der östlichen und westlichen Halbkugel besitzen, sondern wir müßten auch den Gang der Witterung Wochen und Monate lang vorher an allen diesen Orten kennen, um zu beurtheilen, wie diese Erscheinungen vorbereitet wurden. Ich werde im Laufe dieser Vorlesungen mehrmals Gelegenheit haben, nachzuweisen, wie kein einziges Phänomen isolirt da steht, sondern mit den Vorgängen auf der ganzen Erde zusammenhängt. Wer aber soll sich alle diese Beobachtungen verschaffen, und wer ist im Stande, falls er sie besäße, dieselben vollständig zu combiniren? Arbeiten dieser Art können nur Gesellschaften übernehmen, welche, von den Regierungen unterstützt, ihre Kräfte vorzugsweise auf diesen Gegenstand richten.

Ich habe hier der mancherlei Schwierigkeiten gedacht, welche sich der Vervollkommnung der Meteorologie entgegensetzen: so groß aber diese auch sind, so haben wir doch in den letzten Decennien manche wichtige Aufklärungen erhalten, und mit schnellen Schritten eilt diese Wissenschaft vorwärts. Wenn wir auch künftigen Zeiten es überlassen müssen, das Gebäude vollständig aufzuführen, so scheint doch die Grundlage jetzt so vollständig gelegt zu seyn, daß mit Sicherheit darauf fortgebauet werden kann. Studirt man sich in diese scheinbar verwickelte Basis hinein, so erkennt man, wie ein einfacher Plan das Ganze durchzieht und wie die scheinbare

Verwickelung nur dadurch entsteht, daß alle Theile in einem so innigen Zusammenhange stehen, daß kaum die Scheidegränze zwischen ihnen zu erkennen ist. Hat man die Schwierigkeiten überwunden, welche sich dem Eindringen anfänglich entgegenstellten, dann gewährt der Ueberblick über das Ganze den größten Genuß. Zu zeigen, wie diese Schwierigkeiten überwältigt werden müssen, das ist Zweck der gegenwärtigen Vorlesungen.

Erster Abschnitt.

Betrachtungen über den Gang der Wärme im Allgemeinen.

Wenn wir die atmosphärischen Phänomene nur einigermaßen mit Aufmerksamkeit betrachten, so erkennen wir sehr bald, daß es vorzugsweise die Wärme ist, welche hier, so wie in der ganzen Natur eine bedeutende Rolle spielt; erst nachdem die Wichtigkeit von diesem Agens und die Gesetze desselben erkannt waren, wurde es möglich, die Meteorologie mit Erfolg zu bearbeiten. Zwar deuteten ältere Physiker häufig auf ihre große Wirksamkeit hin, aber erst in den neuesten Zeiten hat man sich mehrfach bemüht, die wichtigsten Erscheinungen auf eine consequente Weise daraus herzuleiten. Ist uns gleich das innere Wesen der Wärme selbst unbekannt, wissen wir nicht, ob den Körpern bei Zunahme ihrer Temperatur etwas mitgetheilt wird, oder ob ihre Theilchen nur in lebhaftere Schwingungen versetzt werden: so haben wir doch durch Versuche eine Menge von Gesetzen kennen gelernt, nach denen sie wirkt. Ich werde die wichtigsten derselben im Verlaufe dieser Vorlesungen erwähnen, und zeigen, auf welche einfache Art sich viele Erscheinungen der Atmosphäre daraus ableiten lassen.

Thermometer.

Ein genaues Studium der Wärmelehre war erst dann möglich, als die nöthigen Instrumente construirt waren, durch welche wir ihre Bewegung kennen lernen konnten, und unter letzteren müssen wir vor allen des Thermometers gedenken. Wer es am

Ende des 16ten oder im Anfange des 17ten Jahrhunderts erfunden haben möge, ob Galiläi, Cornelius Drebbel oder irgend ein anderer Physiker Ansprüche auf diese Ehre hat, wollen wir hier nicht näher untersuchen; genug, es wurde dadurch den Beobachtern eines der wichtigsten physikalischen Instrumente in die Hände gegeben, und man überzeugete sich nun aufs Bestimmteste von der allgemeinen Thatsache, daß alle Körper ohne Ausnahme bei ihrer Erwärmung ausgedehnt werden, daß diese Aenderung des Volumens aber bei verschiedenen Körpern sehr ungleich ist, indem sie wenig bedeutend bei festen Körpern, größer bei flüssigen und noch bedeutender bei gasförmigen Körpern ist.

Die Einrichtung des Apparats ist im Allgemeinen bekannt; eine Glasröhre von geringem inneren Durchmesser wird an ihrem Ende mit einer Kugel versehen und letztere nebst einem Theile der Röhre mit irgend einer Flüssigkeit, oder einem Gase gefüllt. Gewöhnlich wendet man Quecksilber dazu an; es ist aber erforderlich, daß dieses ganz allein den von ihm erfüllten Raum einnehme, ohne daß sich etwas Luft dazwischen befindet; um dieses zu erreichen, wird das Quecksilber durch Erwärmung der Kugel und Röhre in lebhaftes Sieden gebracht. Ist dadurch alle Luft entfernt, so wird der obere Theil der Glasröhre zugeschmolzen. Hat nach einiger Zeit das Ende der Quecksilbersäule eine bestimmte Stelle in der Röhre eingenommen und wird die Kugel erwärmt oder erkaltet, so ändert sich die Lage von jenem, und diese Aenderung läßt uns umgekehrt die Temperatur erkennen, welcher das Instrument ausgesetzt war. Um dieses mit Leichtigkeit zu thun, befestigt man neben der Röhre eine Scale, die so eingerichtet seyn muß, daß ein jeder Beobachter sich dieselbe versertigen und prüfen kann, ohne genöthigt zu seyn, Instrumente von andern damit zu vergleichen. Nachdem die Physiker sich vielfach bemüht hatten, die Scale des Instrumentes zu verfertigen, fanden sie endlich mehrere Temperaturen auf, welche unter allen Umständen dieselben waren. Taucht man nämlich ein Thermometer in thauendes Eis oder Schnee und erwärmt oder erkaltet es zwischen verschiedenen Versuchen dieser Art noch so oft, so bleibt das Ende der Quecksilbersäule stets bei demselben Punkte der Scale stehen; eben dieses geschieht, wenn wir bei demselben Barometerstande Wasser bis zum Sieden erhitzen und das Ther-

meter hineinhaltten. Werden die Punkte, bei denen das Ende der Quecksilbersäule in diesen beiden Fällen stehen bleibt, an dem Instrumente bezeichnet, so erhält man dadurch die beiden Fundamentalkpunkte, nämlich den Thaupunkt und den Siedepunkt, welche bei der Construction der Scale ganz allein benutzt werden. Ersterer wird von Réaumur und Celsius mit 0, letzterer von Réaumur (de Luc) mit 80, von Celsius mit 100 bezeichnet. Die Länge der Scale, welche zwischen beiden Punkten liegt, wird dann in dem einen Falle in 80, in dem zweiten in 100 gleiche Theile getheilt, welche Grade heißen. Hat die Scale eine Länge, welche größer ist, als das Intervall zwischen beiden Fundamentalkpunkten, so wird die Theilung noch mit demselben Maßstabe auf beiden Seiten fortgesetzt; über dem Siedepunkte zählt man die Grade in der Ordnung der natürlichen Zahlen fort, unter dem Thaupunkte dagegen beginnt von 0 nach unten eine neue Zählung, aber man nennt diese Grade negative und bezeichnet sie mit —, während die über 0 liegenden positive heißen und entweder mit + oder besser gar nicht bezeichnet werden ¹⁾.

Wofern nicht das Gegentheil erwähnt ist, werde ich im Verlaufe dieser Vorlesungen alle Temperaturen in Graden der hunderttheiligen oder Centesimalscale von Celsius angeben; es ist sehr leicht darauf die Angaben der Scale von Réaumur zu reduciren. Da nämlich 80° Réaumur eben so lang sind, als 100° Celsius oder 4° R eben so lang als 5° C (indem wir in der Kürze die Réaumur'schen Grade mit R und die hunderttheiligen mit C bezeichnen), so multipliciren wir

1) Ich kann den Wunsch nicht unterdrücken, daß die Beobachter in dieser Hinsicht die Tagebücher mit mehr Uebersichtlichkeit möchten drucken lassen, als dieses bisher geschehen ist. Positive Größen bezeichnet der Mathematiker +, negative dagegen stets mit dem Zeichen —, und eben dieses sollte auch hier eingeführt werden. Die schlechteste Sitte in meteorologischen Tagebüchern ist die, wenn eine Reihe positiver und negativer Thermometerstände unter einander steht und dann bei einer Beobachtung das Zeichen + oder — steht, darunter eine Reihe von Angaben ohne Zeichen, welche aber dasselbe haben sollen. Wie leicht man sich bei Bearbeitung derselben versehen könne, und wie viel Zeit dadurch verloren geht, davon habe ich mich leider nur zu oft überzeugt.

die Angaben des Réaumur'schen Thermometers mit 5 und dividiren das Product durch 4; sollten hunderttheilige Grade auf Réaumur'sche reducirt werden, so würden jene mit 4 multiplicirt und das Product durch 5 dividirt. Es ist also $14^{\circ} R = \frac{14 \cdot 5}{4} C = 17^{\circ},5 C$. und $14^{\circ} C. = \frac{14 \cdot 4}{5} = 11^{\circ},2 R$.

Außer diesen beiden Scalen besitzen wir noch eine große Menge anderer, von denen ich nur die von Fahrenheit erwähnen will, weil diese von den meisten Beobachtern in England noch stets angewendet wird. Er bezeichnet den Thaupunkt mit 32, den Siedepunkt mit 212 und theilt das Intervall in $212 - 32 = 180$ Grade. Unter 32 zählt er Grade bis zu 0, worauf dann die negativen folgen. Um die Angaben dieser Scale auf die hunderttheilige zu reduciren, müssen wir zuerst 32 subtrahiren, um übereinstimmende Nullpunkte zu haben; da ferner $180^{\circ} F$ eben so lang sind als $100 C$, oder $9^{\circ} F$ so lang als $5 C$, so multipliciren wir den Ueberrest, nachdem 32 subtrahirt war, mit 5 und dividiren das Product durch 9. Es ist also $50^{\circ} F = (50 - 32) \cdot \frac{5}{9} = \frac{18 \cdot 5}{9} = 10^{\circ} C$. Eben dieses gilt, wenn die Zahl der Grade des Fahrenheit'schen Thermometers kleiner ist als 32; hätten wir z. B. $13^{\circ} F$, so ist $13^{\circ} - 32^{\circ} = -19^{\circ}$, also $13^{\circ} F = -19^{\circ} \cdot \frac{5}{9} = -10^{\circ},55 \dots$. Auch bei negativen Fahrenheit'schen Graden bleibt diese Regel dieselbe. Subtrahirt man also 32° von $-16^{\circ} F$, so ist die Differenz gleich -48° , und es ist $-16^{\circ} F = -48^{\circ} \cdot \frac{5}{9} = -26^{\circ},67 C$.

Bei den Thermometern, deren man sich bei meteorologischen Beobachtungen bedient, wird gewöhnlich Quecksilber zum Füllen angewendet; nur bei sehr niederen Temperaturen, die jedoch in unseren Klimaten im Freien nie Statt finden, gefriert dieses Metall, und man nimmt deshalb in diesem Falle Weingeist, dessen man sich auch bei einer sogleich zu erwähnenden Abänderung des Thermometers bedient. Wenn man indessen an einem solchen Instrumente die beiden Fundamentalkpunkte eben so wie beim Quecksilberthermometer aufsucht und das Intervall in 80 oder 100 Theile von gleicher Länge theilt, so stimmen beide nur hier überein, in allen übrigen weichen sie wegen der ungleichen

Ausdehnung beider Flüssigkeiten von einander ab. Man muß deshalb eine Correction anbringen oder die Scale eines Weingeistthermometers dadurch verfertigen, daß man es mit einem Quecksilberthermometer vergleicht und so eine Menge einzelner Punkte bestimmt.

Häufig wird es wünschenswerth, den höchsten oder niedrigsten Thermometerstand kennen zu lernen, welcher in einer gewissen Zeit Statt fand, ohne daß man genöthigt ist, stets bei dem Instrumente zu bleiben. Um diesen Zweck zu erreichen, bedient man sich der Thermometrographen. Unter den verschiedenen Einrichtungen ist die folgende eine der einfachsten und bequemsten. Wird die Röhre eines Quecksilberthermometers horizontal gelegt und befindet sich in ihr ein feiner Stahldraht, welcher sich mit Leichtigkeit bewegt und dessen fein polirte Spitze das Quecksilber berührt, so wird er fortgeschoben, wenn sich das Quecksilber ausdehnt, bleibt aber liegen, so wie dieses sich bei der Erkaltung zurückzieht; die Stelle, wo er liegen blieb, giebt also die höchste Temperatur an. Durch eine ähnliche Vorrichtung läßt sich die niedrigste Temperatur finden. In der Röhre eines Weingeistthermometers und zwar am Ende der Säule befindet sich ein kleiner feiner Glasfaden; bei der Erkaltung wird dieser mit gegen die Kugel gezogen, bleibt aber liegen, wenn der Weingeist sich in der Folge wieder ausdehnt. Will man also die höchste und niedrigste Temperatur kennen lernen, welche im Laufe eines Tages Statt fanden, so stellt man etwa am Vormittage durch Neigen der Instrumente den Stahldraht so wie den Glasfaden an die Enden der flüssigen Säule; am folgenden Tage giebt dann die Lage beider die Temperatur-Extreme an.

Mittheilung der Wärme.

So haben wir durch dieses Instrument ein Mittel in Händen, die Aenderungen der Temperatur weit schärfer kennen zu lernen, als es durch unser bloßes Gefühl möglich seyn würde. Sehen wir nun, daß ein Körper, der sich in der Nähe eines heißeren oder kälteren befindet, dadurch eine Erhöhung oder Erniedrigung seiner Temperatur erleidet, so ist die Frage: wie erfolgte dieser Austausch der Wärme? Die Versuche haben vorzüg-

lich zwei Wege kennen gelehrt, auf denen derselbe geschieht, nämlich Strahlung und Leitung.

W ä r m e l e i t u n g.

Wenn wir einen Metallstab mit mehreren Vertiefungen versehen, in welche wir Thermometer stellen und dann den Stab längere Zeit ruhig stehen lassen, so finden wir an allen Punkten einerlei Temperatur; wenn wir aber das eine seiner Enden durch eine darunter gehaltene Lampe stark erwärmen, so erhält dieses Ende zunächst die höhere Temperatur von der Wärmequelle, wir sehen aber in kurzer Zeit, daß auch die übrigen Thermometer steigen, und zwar desto mehr, je näher sie an der unmittelbar erhitzten Stelle liegen. Diese Mittheilung der Wärme ist nur dadurch möglich, daß eine Schicht der Stange der neben ihr liegenden einen Theil ihrer Wärme mittheilt; und da wir auf diese Art eine Verbreitung der Wärme von Theilchen zu Theilchen im Innern des Körpers selbst haben, so bezeichnet man diesen Vorgang mit dem Namen Leitung. Die Leichtigkeit, mit welcher diese Verbreitung erfolgt, das Leitungsvermögen, ist bei verschiedenen Körpern sehr ungleich. Verfertigen wir eine Menge ähnlicher Stangen aus verschiedenen Substanzen, so finden wir, daß sich die Wärme durch Metalle sehr leicht, weit schwieriger aber durch Hölzer, Gesteine u. s. w. verbreitet, und daß im Allgemeinen die Körper, welche viele Poren enthalten, die Wärme schlecht leiten. Aus diesem ungleichen Leitungsvermögen ergibt sich eine große Menge von Erscheinungen, welche wir im Leben beobachten. Man lege im Sommer bei heiterem Himmel eine Metallmasse und ein ähnlich gearbeitetes Holzstück in die Sonne, nachdem man beiden durch eine Firnißfarbe einen gleichen Ueberzug gegeben hat. Nehmen wir nach einiger Zeit beide in die Hand, so erscheint uns das Holzstück anfänglich vielleicht wärmer, aber die Metallmasse erzeugt ein weit anhaltenderes Gefühl von Hitze. Während nämlich das Holz als schlechter Leiter vorzugsweise auf der Oberfläche erwärmt wird, dringt die Hitze in das Innere des Metalles, wirkt mehr auf die ganze Masse, und die angehäuften Wärme geht in der Folge mit um so größerer Leichtigkeit in die kältere Hand. Aus demselben Grunde erscheint uns ein Stück Metall im Winter weit kälter als ein

Stück Holz, weil die Wärme der Hand weit leichter in jenes dringt als in dieses, das dadurch in kurzer Zeit eine warme Oberfläche erhält. Wegen dieser schlechten Leitung erscheint uns ein lockerer Riekboden im Sommer so heiß, aber in geringer Tiefe hört diese ungewöhnlich hohe Temperatur auf.

W ä r m e s t r a h l u n g.

Doch ist die Leitung nicht das einzige Mittel, durch welches ein Wärmeaustausch zwischen verschiedenen Körpern möglich wird. Befinden wir uns im Winter in der Nähe eines heißen Ofens, so fühlen wir, daß von ihm augenscheinlich Wärme ausgeht; ist dieses Leitung durch die Luft? Um hierüber zu entscheiden, bringen wir zwischen uns und den Ofen einen noch so dünnen Schirm von Metall an, sogleich hört dieses Gefühl von Wärme auf. Da der Schirm ein guter Wärmeleiter ist, so müßte durch ihn die Temperatur mit Leichtigkeit hindurchgehen. Um den Vorgang bei diesem Versuche noch besser zu übersehen, stelle man in einiger Entfernung von dem Ofen einen Hohlspiegel auf, in dessen Brennpunkt sich die Kugel eines Thermometers befindet; wird der Spiegel anfänglich verdeckt, so wird das Thermometer nach einiger Zeit einen gewissen Stand annehmen, es beginnt aber augenblicklich zu steigen, so wie die Bedeckung vom Spiegel weggenommen wird. Der Vorgang ist also derselbe, als er gewesen seyn würde, wenn Sonnenlicht auf den Spiegel gefallen wäre; und eben so wie wir von Lichtstrahlen reden, so sprechen wir hier von Wärmestrahlen und bezeichnen den ganzen Vorgang mit dem Namen der Strahlung. Diese Wärmestrahlen gehen durch viele Körper, namentlich heitere Luft, mit Leichtigkeit hindurch. Eine genaue Analyse dieses Phänomenes zeigt, daß in jedem Momente von allen Körpern Wärmestrahlen ausgehen und daß dadurch ein beständiger Austausch der Temperatur zwischen ihnen Statt findet, indem ein Körper das absorbiert, was ein anderer ausstrahlt. Zunächst ist es natürlich die Oberfläche, von welcher die Wärme ausstrahlt; desto leichter im Allgemeinen, je weniger dieselbe polirt ist (obgleich auch in dem Strahlungsvermögen ähnliche Differenzen vorkommen, als beim Leitungsvermögen), erst durch die Leitung aus dem Innern wird dieser Temperaturverlust theilweise ersetzt. Wenn wir das

her gut strahlende und schlecht leitende Körper, wie lockere Wolle, Federn, lockeren Kiesel, Glas u. s. w. von anfänglich gleicher Wärme neben schlecht strahlenden und gut leitenden Körpern, wie polirten Metallen, gleichzeitig von kalten Körpern umgeben, so werden erstere an der Oberfläche unendlich schneller erkalten als letztere.

Wärme = Capacität.

Durch das Thermometer werden wir in den Stand gesetzt zu beurtheilen, ob verschiedene Körper, welche durch Strahlung oder Leitung erwärmt worden sind, einerlei Temperatur haben. Stellen wir uns der Einfachheit wegen vor, daß die Wärme etwas Materielles sey, welches in den Körper strömt, so drängt sich uns die Frage auf, ob gleiche Massen von derselben Temperatur stets einerlei Wärmemenge besitzen; ist also mit andern Worten eben so viel Wärme nöthig, um ein Pfund Wasser von 0° bis 40° zu erwärmen, als nöthig war, wenn wir bei einem Pfunde Eisen dieselbe Temperaturänderung hervorbringen wollten? Der Erfahrung zufolge müssen wir diese Frage mit Nein beantworten; wir finden, daß ein jeder Körper von derselben Masse eine ungleiche, von seiner Natur abhängige Wärmemenge erfordert, wenn er dieselbe Temperatur annehmen soll. Um die Körper in dieser Hinsicht zu unterscheiden, gehen wir von einer Masseneinheit eines Körpers, gewöhnlich einem Pfunde Wasser von 0° C aus, suchen die Wärmemenge auf, welche er gebraucht, um eine Temperaturerhöhung von 1° C zu erfahren, und bestimmen eben diese Größen für andere Körper. Die so gefundenen Größen nennen wir specifische Wärme, und das Vermögen letztere aufzunehmen heißt Wärme = Capacität.

Folgender einfache Versuch bestätigt nicht bloß die Richtigkeit des Gesagten, sondern zeigt auch das Verfahren die Wärme = Capacität zu finden. Gießen wir in ein Gefäß mit dünnen Wänden ein Pfund Wasser von 0° C und fügen ein Pfund Wasser von 40° C hinzu, so haben die zwei Pfund Wasser nach ihrer Mischung eine Temperatur von 20° C; und welche anfängliche Temperatur auch jedes dieser beiden Pfunde besitzen mochte, stets hat die Mischung eine genau in der Mitte liegende Temperatur.

Nehmen wir aber ein Pfund bis zu 40° C erwärmter Eisenfeile und schütten diese zu einem Pfunde Wasser von 0° C, so finden wir nach der Mengung nicht mehr 20° , sondern nur $3,96$ Wärme. Demnach bringt die Wärmemenge, welche die Temperatur des Eisens um $40^{\circ} - 3,96 = 36,04$ erhöht, im Wasser nur eine Wärmeänderung von $3,96$ hervor, und jenes braucht daher $\frac{36,04}{3,96}$ Mal weniger Wärme als Wasser, um dieselbe Temperaturänderung zu erleiden, oder seine Wärme = Capacität ist $\frac{3,96}{36,04} = 0,11$, wenn die des Wassers als Einheit angesehen wird. Es findet hier also eine ähnliche Differenz Statt, als diejenige ist, welche wir beim Abwägen der Körper finden. Gesetzt, man nehme eine Reihe gleichgroßer Glasflaschen und fülle in die eine Wasser, in eine zweite Weingeist, in eine dritte Quecksilber u. s. w., so ist die Menge der Flüssigkeiten, wenn wir nur auf den körperlichen Inhalt Rücksicht nehmen, in jeder gleich groß; wiegen wir aber diese gleichen Mengen auf der Wage ab, so zeigen sich große Verschiedenheiten, indem z. B. das mit Quecksilber gefüllte Gefäß fast 13 Mal schwerer ist, als das mit Wasser gefüllte. Ganz auf dieselbe Art können wir die Körper als Gefäße ansehen, in welche wir gleichsam Wärme gegossen haben, das Thermometer kann für alle einerlei Temperatur angeben; aber eben so wie das Gewicht gleich großer Mengen verschiedener Flüssigkeiten ungleich ist, so ist auch die ganze Menge von Wärme, welche Körper bei einerlei Angabe des Thermometers besitzen, verschieden. Eben so wie dieses verschiedene Gewicht der Körper mit dem Namen des specifischen bezeichnet wird, so nennen wir die ungleiche Menge von Wärme, welche Körper erfordern, damit ihre Temperatur um dieselbe Größe wachse, specifische Wärme.

Wirkung der Sonne.

Wir haben so eben einige der wichtigsten Gesetze der Wärmelehre angedeutet, ohne bei ihrer nähern Ausführung zu verweilen; es wird sich im Laufe dieser Vorlesungen mehrmals Gelegenheit darbieten, bei ihrer Anwendung eine ausführlichere Erörterung zu geben. Betrachten wir die Gesetze, nach denen sich die Temperatur der Luft ändert, genauer, so erkennen wir sehr

bald, daß vorzugsweise die Sonne die dabei wirkende Ursache ist. Nicht bloß sehen wir, wie die Wärme im Laufe des Tages zunimmt, so wie dieser Himmelskörper höher steigt und am Abend wieder sinkt, sondern wir müssen aus eben diesem ungleichen Stande auch den Unterschied zwischen Sommer und Winter herleiten. Zwar machen es manche geologische Forschungen wahrscheinlich, daß die Erde einst eine glühende Kugel war, welche in den Welt-raum geschleudert, allmählig erkaltete, und daß die Erde noch jetzt in ihrem Innern eine sehr hohe Temperatur besitzt, und eben dieses wird durch die Erfahrungen der Bergleute bestätigt, indem diese in den Gruben eine Wärme fanden, die desto bedeutender war, je tiefer sie hinabstiegen. Wir können indessen bei vorliegender Untersuchung diese eigenthümliche Wärme ganz übersehen, denn die Erdrinde besteht aus so schlechten Wärmeleitern, daß sich diese Temperatur des Erdkernes nur langsam der Atmosphäre mittheilt, und die scharfsinnigen Untersuchungen von Fourier haben gezeigt, daß wir diese Größe ganz übersehen dürfen.

Indem wir daher hier bloß bei der Wirkung der Sonne stehen bleiben, erkennen wir, wie bereits erwähnt ist, den Einfluß ihrer ungleichen Höhe. Die Ursache dieses Umstandes ergibt sich aus dem allgemeinen Gesetze, daß eine Fläche bei einemlei Abstand von einer Wärme- oder Lichtquelle desto mehr erwärmt oder erleuchtet wird, je mehr sich eine Linie, von der Fläche nach diesem Lichte gezogen, der senkrechten Richtung nähert. Man nehme des Abends bei Kerzenlicht ein Buch und halte es so, daß die Lichtstrahlen darauf nahe senkrecht einfallen, dann kann man die Schrift leicht lesen; so wie jedoch bei Drehung des Buches die einfallenden Strahlen mit der Fläche kleinere Winkel bilden, wird letztere weniger erleuchtet, und bald ist man nicht mehr im Stande die Buchstaben zu unterscheiden.

Mehrere Mathematiker und Physiker haben sich bemüht, die Aenderungen der Temperatur, wie sie sich uns während des Tages und Jahres zu erkennen geben, aus der eben erwähnten Abhängigkeit zwischen Erwärmung und Sonnenhöhe herzuleiten; man stößt aber dabei auf so viele Schwierigkeiten und hat so viele einzelne Nebenumstände zu berücksichtigen, daß diese Arbeit zu einer der am meisten verwickelten in der Physik gehört, und noch Niemand hat sich daher bis jetzt dem Ziele, das er erreichen

wollte, auf diesem Wege nur einigermaßen genähert. Die Erfahrung ist der einzige Weg, der hier zu einem genügenden Resultate führt.

Um auf diese Weise brauchbare Größen zu erhalten, muß ein Thermometer so aufgestellt seyn, daß es die Temperatur der freien Luft frei von allen fremdartigen Einwirkungen angiebt. Gestattet es die Localität, so hänge man es auf der Nordseite eines Gebäudes etwa in der Entfernung eines Fußes von der Wand auf; ist dieses nicht möglich, so setze man es wenigstens stets so der Luft aus, daß es nicht von den Sonnenstrahlen beschienen wird, eben so vermeide man wo möglich helle, lebhaft von der Sonne erleuchtete Wände, welche dem Instrumente gegenüber stehen. Ist es bei Regenwetter naß geworden, so trockne man einige Zeit vor der Beobachtung die Kugel ab, denn indem die daran hängenden Wassertropfen verdunsten, wird das Thermometer aus einer später zu erwähnenden Ursache deprimirt. Eben so sorgfältig muß man es vermeiden, daß im Winter warme aus dem Zimmer strömende Luft das Instrument treffe.

Verfolgt man die Angaben eines gut aufgehängten Thermometers, so findet man, daß die Temperatur sich fast in jedem Momente ändert; es würde aber schwierig seyn, einen allgemeinen Ueberblick zu erhalten, wollte man diese einzelnen Angaben dabei benutzen; mag man diese unmittelbaren Beobachtungen auch in einzelnen Fällen anwenden, so müssen wir doch bei Vergleichung der Temperaturverhältnisse aus ihnen einfache Elemente herleiten, welche die Uebersicht erleichtern, und hier bietet sich uns die mittlere Temperatur als Anhaltspunkt an. Wollen wir dieses Element für einen Tag bestimmen, so beobachten wir das Thermometer in kleinen Zeitintervallen, etwa von Stunde zu Stunde, und dividiren die Summe dieser einzelnen Beobachtungen durch ihre Anzahl, wir nehmen also mit anderen Worten das arithmetische Mittel dieser Beobachtungen. Auf eine ähnliche Art finden wir die mittlere Temperatur eines Monats oder eines Jahres, wenn wir das arithmetische Mittel der Temperaturen der einzelnen Tage oder Monate nehmen.

Gang der Temperatur während des Tages.

Dem Gesagten zufolge wird die mittlere Temperatur des Tages am sichersten dadurch gefunden, daß wir das Thermometer in sehr kleinen Zwischenräumen sowohl während des Tages als während der Nacht beobachten. Eine solche Arbeit kann kein einziger Beobachter übernehmen, und falls sich auch mehrere dazu vereinigen, so würde ihre Geduld bald ermüden. Daher haben nur wenige Meteorologen diese Arbeit ausgeführt, aber glücklicherweise führen diese zu so übereinstimmenden Resultaten und gestatten es, aus wenigen im Laufe des Tages gemachten Messungen die mittlere Temperatur herzuleiten, daß wir diese Aufgabe fast als vollständig gelöst ansehen dürfen.

Die erste vollständige Reihe von Beobachtungen dieser Art machte Chiminello in Padua. Sechzehn Monate hindurch zeichnete er den Thermometerstand stündlich von 4^h Morgens bis 11^h Abends auf; in der Zwischenzeit der Nacht machte er noch eine Beobachtung, wechselte aber hier mit den Stunden und ergänzte die fehlenden Größen durch Interpolation. Späterhin zeichneten die Artillerieofficiere im Fort Leith bei Edinburgh auf Brewster's Ersuchen während der Jahre 1824 und 1825 den Thermometerstand stündlich auf. Dieses sind die beiden vollständigsten Reihen von Messungen, welche ich bei Bearbeitung meines Lehrbuches der Meteorologie benutzte. Fast gleichzeitig mit Chiminello hatte Gatterer mehrere Jahre hindurch das Thermometer zu Göttingen von 6^h Morgens bis 11^h fast stündlich beobachtet. Seine handschriftlichen Tagebücher, welche Anselm Rothschild von den Erben des Beobachters kaufte und dem physikalischen Vereine in Frankfurt am Main schenkte, sind mir von diesem mitgetheilt worden. Zahlreiche Beobachtungen während des Tages sind von Reuber zu Apenrade, Lohrmann in Dresden, Koller in Kremsmünster, Kupfer in Petersburg, und seit dem Jahre 1835 von den Astronomen auf der Sternwarte zu Mailand gemacht worden. In neueren Zeiten haben wir durch die Arbeiten des Capitän Ross und der russischen Offiziere, welche auf Novaja Semlja überwinterten, ein treffliches Material für die Polargegenden erhalten. Ich selbst habe mehrere Jahre hindurch das Thermometer von 6 Uhr Mor-

Stand des Thermometers in Padua nach den Beobachtungen von Chiminello.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Junius	Julius	August	Sept.	Octbr.	Novbr.	Dechr.	Stunde
Mittag	4,94	6,44	9,36	14,62	23,39	25,08	30,01	26,50	21,06	16,68	10,25	5,71	Mittag
1	5,44	6,70	9,66	15,13	23,67	25,19	30,47	26,97	21,56	17,10	10,75	6,21	1
2	5,60	6,91	9,91	15,43	23,65	25,21	30,73	27,45	21,93	17,43	10,92	6,41	2
3	5,52	6,95	10,10	15,70	23,65	25,17	30,48	27,55	21,97	17,47	10,50	5,94	3
4	5,19	6,56	9,87	15,65	23,81	24,68	29,59	26,83	21,35	17,34	9,64	5,97	4
5	4,80	6,11	9,47	15,50	22,57	23,93	29,11	25,90	20,38	16,23	8,64	4,76	5
6	4,45	5,88	9,01	14,92	21,47	23,18	27,82	24,46	19,42	15,09	7,92	4,25	6
7	4,11	5,67	8,64	14,43	20,29	22,03	26,64	23,19	18,60	14,86	7,53	4,03	7
8	3,80	5,42	8,27	13,62	20,14	21,45	24,80	22,17	18,50	14,59	7,12	3,79	8
9	3,49	4,78	7,86	12,69	18,17	19,78	23,97	21,09	17,65	14,27	6,83	3,26	9
10	3,35	4,50	7,43	12,28	17,78	19,61	23,02	20,00	16,68	13,94	6,56	2,97	10
11	3,25	4,28	6,83	11,97	17,44	19,31	22,02	19,95	16,39	13,85	6,28	2,80	11
12	3,25	4,28	6,62	11,49	16,93	18,93	22,05	19,42	16,07	13,63	6,15	2,64	12
13	2,98	3,88	6,23	11,17	16,60	18,58	21,65	18,98	15,76	13,42	6,04	2,53	13
14	2,76	3,68	5,96	10,95	16,22	18,54	21,34	18,49	15,46	13,18	5,95	2,44	14
15	2,72	3,48	5,63	10,57	16,05	18,94	21,89	18,49	15,05	12,94	5,87	2,39	15
16	2,85	3,25	5,37	10,20	16,26	18,94	21,89	18,49	15,05	12,94	5,87	2,39	16
17	2,88	3,06	5,16	10,35	17,52	20,40	23,47	20,52	16,15	13,21	5,75	2,30	17
18	2,30	2,91	5,40	10,76	19,14	21,83	25,36	22,06	17,39	13,91	6,52	2,59	18
19	2,15	2,91	6,91	11,74	20,26	22,74	26,37	22,06	17,39	13,91	6,52	2,59	19
20	2,87	3,12	6,97	12,80	21,31	23,48	28,10	24,85	19,11	14,69	7,70	3,43	20
21	2,84	3,86	8,77	13,55	22,09	24,00	28,92	25,17	19,67	15,56	8,74	4,16	21
22	3,53	4,99	8,77	14,09	22,85	24,00	28,92	25,17	19,67	15,56	8,74	4,16	22
23	4,43	5,67	8,82	14,09	22,85	24,00	28,92	25,17	19,67	15,56	8,74	4,16	23
Mittel	3,71	4,89	7,73	13,03	19,97	21,93	26,06	22,79	18,38	14,92	7,73	3,84	Mittel

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Junius	Julius	August	September	October	November	December	Stunde
Mittag	5° 57	5° 68	6° 29	10° 01	11° 43	14° 31	17° 69	16° 26	15° 28	10° 85	6° 16	5° 00	Mittag
1	5,79	5,99	6,49	10,25	11,77	15,01	17,74	16,51	15,72	11,09	6,35	5,10	1
2	5,88	5,98	6,67	10,45	12,01	15,39	17,96	16,62	15,91	11,12	6,50	5,12	2
3	5,89	6,00	6,71	10,66	12,05	15,68	18,13	16,62	15,85	10,96	6,53	4,88	3
4	5,66	5,70	6,69	10,49	12,23	15,45	18,17	16,75	15,52	10,63	6,01	4,72	4
5	5,38	5,27	6,42	10,19	12,15	15,32	18,24	16,69	15,51	10,27	5,64	4,54	5
6	5,25	5,00	6,03	9,96	11,85	15,08	18,15	16,52	14,81	9,86	5,21	4,41	6
7	5,05	4,79	5,49	9,19	11,36	14,66	17,09	15,54	14,08	9,52	5,21	4,16	7
8	4,95	4,57	5,09	8,28	10,56	14,70	16,42	14,83	13,63	9,22	5,04	4,10	8
9	4,88	4,40	4,70	7,62	9,73	12,98	15,46	14,27	13,22	8,90	4,90	4,05	9
10	4,90	4,25	4,41	7,23	9,44	12,21	14,75	13,72	12,85	8,65	4,41	3,96	10
11	4,79	4,18	4,12	6,62	8,97	12,06	14,30	13,36	12,62	8,71	4,28	3,86	11
12	4,73	4,19	4,04	6,34	8,62	11,77	13,79	13,06	12,28	8,65	4,23	3,83	12
13	4,79	4,26	3,86	6,16	8,22	11,44	13,43	12,96	12,13	8,93	4,37	3,86	13
14	4,66	4,32	3,74	5,65	7,99	11,25	13,33	12,82	12,00	8,88	4,22	3,92	14
15	4,62	4,22	3,50	5,29	7,71	11,13	13,11	12,56	11,72	8,82	4,30	3,92	15
16	4,48	4,09	3,31	4,88	7,53	11,07	13,15	12,57	11,44	8,64	4,31	3,84	16
17	4,41	4,02	3,29	4,85	7,96	11,57	13,73	12,79	11,59	8,41	4,36	3,93	17
18	4,41	4,05	3,47	5,90	8,44	12,01	14,38	13,35	12,02	8,64	4,43	3,89	18
19	4,46	4,04	3,84	6,62	9,14	12,65	15,06	14,00	12,73	9,00	4,50	3,96	19
20	4,51	4,31	4,39	7,98	9,85	13,36	15,83	14,88	13,62	9,37	4,76	4,09	20
21	4,66	4,78	4,74	8,94	10,50	13,98	16,46	15,50	14,15	10,00	5,26	4,27	21
22	4,91	5,28	5,51	9,50	11,02	14,53	16,95	15,72	14,77	10,49	5,81	4,73	22
23	5,19	4,74	4,84	7,83	9,91	13,26	15,70	15,60	13,54	9,54	5,07	4,26	23
Mittel	5,00												Mittel

Gang der Wärme im Fort Reith bei Ebinburg.

Wärme während des Tages.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Junius	Julius	August	September	October	November	December	Stunde
Mittag	3° 46	5° 69	12° 45	17° 86	21° 21	22° 51	22° 51	22° 51	22° 51	22° 51	22° 51	22° 51	Mittag
1	3,66	6,08	12,98	18,55	21,89	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	1
2	3,66	6,16	13,16	18,59	21,90	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	2
3	3,51	5,90	12,85	18,55	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	3
4	3,26	5,43	12,30	18,11	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	4
5	2,86	4,64	11,66	17,58	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	5
6	2,65	4,50	11,50	17,58	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	6
7	2,88	4,71	10,26	16,75	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	7
8	2,88	4,59	9,66	15,81	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	8
9	2,88	4,59	9,66	15,81	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	9
10	2,07	3,83	8,95	14,10	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	10
11	1,91	3,53	8,55	13,37	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	11
12	1,88	3,26	8,00	12,68	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	12
13	1,81	3,05	7,52	12,00	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	13
14	1,76	2,88	6,89	11,19	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	14
15	1,71	2,81	6,62	10,72	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	15
16	1,71	2,74	6,44	10,31	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	16
17	1,67	2,74	6,44	10,31	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	17
18	1,65	2,75	6,59	10,69	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	18
19	1,61	2,85	6,59	11,19	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	19
20	1,59	2,91	6,59	11,51	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	20
21	1,59	3,07	6,59	12,01	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	21
22	1,59	3,07	6,59	12,01	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22
23	1,59	3,07	6,59	12,01	21,95	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	23
Mittel	2,34	4,00	9,40	14,41	20,12	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	22,51	Mittel

Wenn gleich Zahlen wie die oben gegebenen das Gesetz, von welchem die Aenderungen abhängen, deutlich zeigen, so ist es doch bei diesen wie bei vielen ähnlichen Untersuchungen sehr belehrend, wenn man sich diese Zahlen durch eine Zeichnung verdeutlicht. Eine solche theile ich auf Taf. I. Fig. 1. für die Temperatur zu Halle während des Januar und Julius mit. Man zieht nämlich eine Horizontallinie AB und theilt diese in eine Anzahl gleicher Theile, welche die Zeiten, in unserem Falle also die Stunden ausdrücken. Ich habe diese Punkte mit 0, 1, 2..... bezeichnet; darauf errichtet man eine senkrechte AC und theilt diese ebenfalls in gleiche Theile, welche den Größen entsprechen, deren Aenderung man kennen lernen will, also in unserem Falle den Graden des Thermometers, wobei es jedoch nicht nöthig ist, mehr Theile zu nehmen, als dem Unterschiede zwischen dem höchsten und niedrigsten Thermometerstande entspricht. Man zieht nun durch alle Theilstriche von AB Linien, welche mit AC, durch alle Theilstriche von AC Linien, welche mit AB parallel sind. Nehmen wir nun z. B. für den Julius an, der unterste Theilstrich CD entspreche einer Wärme von 13° , und will ich nun die Temperatur um 3 Uhr in die Zeichnung tragen, so ist diese Größe $22^{\circ},63$, also sie liegt $9^{\circ},63$ über 13° ; ich nehme also auf dem Maassstabe, auf welchem ich die Länge der Linie $AG = 1$ gefunden hatte, die Linie $EF = 9^{\circ},63$, so entspricht der Punkt E der Temperatur um 3 Uhr. Ganz auf dieselbe Weise ergeben sich die Punkte, welche den Thermometerständen zu den übrigen Tagesstunden entsprechen. Werden diese Punkte durch Linien verbunden, so giebt die gefundene Curve den Gang der Wärmeänderungen, welche ich für den Julius durch die ausgezogene, für den Januar durch die punktirte Linie angedeutet habe. Vortheilhaft ist es bei Zeichnungen dieser Art, die Zahl der Theile von AB etwas größer zu nehmen, als die Periode gerade erfordert. So könnte unsere Zeichnung bei dem mit 23 bezeichneten Theile schließen, ich habe sie aber bis 3 Uhr fortgesetzt, damit sich auch die Aenderungen um die Mittagszeit übersehen ließen, was nur unvollkommen der Fall gewesen seyn würde, wenn ich die Curve nicht über 23 fortgesetzt hätte.

Wie die obigen Tafeln zeigen, so finden wir an jedem dieser Orte eine höchste und eine niedrigste Temperatur im Laufe des

Tages. Das Minimum tritt einige Zeit vor dem Aufgange der Sonne ein, das Maximum etwa um 2 Uhr, im Winter etwas früher, im Sommer später. Die meisten Physiker nehmen an, der Moment des Sonnenaufganges sey derjenige, in welchem die Wärme durchschnittlich am kleinsten sey; wenn wir jedoch aus den Beobachtungen einen mathematischen Ausdruck herleiten, welcher den Gang der Temperatur so angiebt, daß die kleinen nicht zu vermeidenden Beobachtungsfehler von geringem Einflusse werden, so finden wir, daß die kleinste Wärme mehr als eine halbe Stunde vor dem Aufgange der Sonne Statt findet; im Durchschnitte des Jahres etwa dann, wenn der wärmende Himmelskörper in unseren Klimaten eine Tiefe von 12° unter dem Horizonte hat, jedoch finden wir auch hier eine Abhängigkeit von den Jahreszeiten; im Herbst und Winter beträgt diese Tiefe fast 18° , im Sommer etwa 6° .

Wenn die Sonne sich über dem Horizonte befindet, so wirkt sie sogleich auf den Boden und die darüber liegenden Luftschichten, desto mehr, je bedeutender ihre Höhe ist. Ein Theil der so erlangten Wärme dringt durch Leitung in das Innere der oberen Erdschichten, ein anderer Theil geht durch Strahlung gegen die Luft und den Himmelsraum verloren. So lange die Sonne am Vormittage steigt, erhält die Erde in jedem Momente eine Wärmemenge, welche größer ist, als diejenige, welche in eben dieser Zeit durch Strahlung verloren geht, und ihre Temperatur steigt, was noch einige Zeit fortbauert, nachdem sie ihren höchsten Stand erreicht hat, und daher findet das Maximum einige Stunden nach dem Mittage Statt. Wenn jedoch gegen Abend die Sonne sinkt, so wird ihre Wirkung geringer, das was durch Strahlung verloren geht, ist bedeutender, als das was die Erde in derselben Zeit erhält, und die Temperatur nimmt ab, was besonders um die Zeit des Sonnenunterganges mit Schnelligkeit erfolgt. Ist dieser Zeitpunkt eingetreten, so ist die wärmende Ursache entfernt, die am Tage erlangte Wärme strahlt jetzt gegen den kalten Himmelsraum, die Temperatur sinkt und würde noch geringer werden, wenn der bis zu einiger Tiefe erhitzte Boden nicht durch Leitung einen Theil der am Tage erlangten Hitze an die obersten Schichten abgäbe. Diese Erkaltung dauert so lange, bis sich am Morgen wieder die Gegenwart der Sonne durch eine

schwache Erleuchtung des östlichen Himmels zu erkennen giebt; mit dem Erscheinen des Lichtes beginnt eine neue Erwärmung und die Temperatur steigt daher.

Die eben angeführte Ansicht ist so einfach, daß sich daraus die meisten Erscheinungen herleiten lassen; und wahrscheinlich wird der eben betrachtete Gang der Wärme fast allenthalben auf der Erde nahe derselbe seyn. Nur in den Küstengegenden heißer Klimate scheint die höchste Wärme oft schon am Vormittage einzutreten; wir werden im folgenden Abschnitte sehen, daß sich dann hier ein Kühler vom Meere wehender Wind erhebt, welcher die Temperatur deprimirt. Eben so haben wir stündliche Beobachtungen, welche ich im Julius und August 1837 hart am Rande der Ostsee machte, gezeigt, daß dort die höchste Temperatur zwar einige Zeit nach dem Mittage, aber doch mehrere Stunden früher eintritt, als in Halle.

Bestimmung der mittleren Wärme.

Es ist jetzt unsere Aufgabe, aus wenigen am Tage gemachten Beobachtungen die mittlere Temperatur herzuleiten. Da die Wärme bei ihrer täglichen Aenderung zweimal einen Werth erhält, welcher dem Mittel gleich ist, so könnte man die Momente auffuchen, in denen dieses Statt findet, und dann beobachten; jedoch will ich dieses öfter vorgeschlagene Verfahren nicht empfehlen. Zu der Zeit nämlich, wo dieses geschieht, ändert sich die Temperatur so schnell, daß dadurch Fehler von Einfluß entstehen können, wenn man zufällig etwas zu früh oder zu spät beobachtet; außerdem aber ist dieses fast das einzige Element im Laufe der täglichen Wärme, welches bisher noch nicht mit der erforderlichen Schärfe bestimmt worden ist.

Zweckmäßiger ist es, mehrere Beobachtungen am Tage zu solchen Stunden zu machen, daß die Summe der Temperaturen dividirt durch ihre Anzahl, also ihr arithmetisches Mittel sehr nahe dem wahren Mittel gleich ist. Macht man z. B. um 4 Uhr Morgens und Abends, so wie um 10 Uhr Morgens und Abends eine Beobachtung, so giebt das Viertel ihrer Summe eine Größe, welche wenig zu wünschen übrig läßt, und wenn ein Beobachter sich dazu entschließen will, eine Messung schon so früh zu machen, so würde ich vor Allem die eben erwähnten Stunden empfehlen.

Eben so giebt das arithmetische Mittel der Beobachtungen um 6^h Morgens, 2^h Mittags und 10^h Abends eine Größe, die sich wenig vom wahren Mittel entfernt. Und wenn man die obigen Tafeln genauer untersucht, so lassen sich leicht mehrere Stunden combiniren, welche sehr nahe ein dem wahren gleiches Mittel geben.

Zeit und Umstände verstaten es nicht einem Jeden, seine Messungen so zu machen, daß sie genau das wahre Mittel geben. Sorgt man nur dafür, daß die Stunden etwas gleichförmig im Tage vertheilt sind, also nicht alle in der Nähe des Mittages, Morgens oder Abends liegen, so ist man im Stande, daraus durch ein besonders von Schouw empfohlenes Verfahren das wahre Mittel herzuleiten, ohne sich bedeutend von der Wahrheit zu entfernen. Beobachtet man z. B. um 7 Uhr Morgens, Mittags und 10 Uhr Abends, so ist die durch 3 dividirte Summe der gefundenen Thermometerstände nicht gleich dem wahren Mittel. Im Junius z. B. beträgt diese Größe in Halle 15,95; das wahre Mittel 15,72, also 0,23 kleiner, und man würde also einen constanten Fehler von diesem Werthe begehen, wofern man jene Größe für das wahre Mittel ausgeben wollte. Wäre in Halle nicht der Gang der Temperatur bekannt, so daß man hier selbst den Fehler auffinden kann, so könnte man mit Hilfe der Beobachtungen an den andern Orten die Correction finden. Man nehme z. B. zu Padua das Mittel der drei zu denselben Stunden gemachten Beobachtungen, so beträgt dieses 22°,23, das wahre Mittel ist 21°,93; subtrahiren wir also den Unterschied $22°,23 - 21°,93 = 0°,30$, von 15°,95, dem Mittel dieser drei Beobachtungen in Halle, so entfernt sich der Ueberrest 15°,65 wenig von dem wahren Mittel 15°,72. Allgemein läuft dieses Verfahren darauf hinaus, daß wir untersuchen, ob das arithmetische Mittel an den Orten, deren mittlere tägliche Wärme genau bekannt ist, größer oder kleiner sey, als das wahre Mittel; wäre ersteres der Fall, so wird der Unterschied von dem arithmetischen Mittel an dem Orte, dessen Temperatur bestimmt werden soll, subtrahirt, im zweiten Falle wird diese Differenz addirt. Für Orte auf dem Festlande in mittleren Breiten ist es am zweckmäßigsten, das Mittel der Correctionen von Göttingen, Halle und Padua zu nehmen, damit durch das Mittel die klei-

nen Anomalieen entfernt werden, welche in jeder dieser Tafeln noch etwa vorhanden seyn können; für Orte in England dagegen verdienen die Messungen in Leith den Vorzug. Wenn man auch auf diese Weise vielleicht ein nicht ganz scharfes Resultat erhält, so ist dieses doch jedenfalls genauer, als wenn man das arithmetische Mittel ohne irgend eine Correction anwendet.

Da das Mittel zwischen der niedrigsten und höchsten täglichen Temperatur liegt, so ist häufig vorgeschlagen worden, diese beiden Elemente entweder direct oder vermittelt eines Thermometrographen zu beobachten und ihre halbe Summe als das wahre Mittel anzusehen. Eine genauere Analyse des Phänomens ist jedoch dieser Ansicht nicht günstig. Man kann auch hier eine Correction anbringen, oder das Mittel auf folgende Art herleiten. Ist die Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur bekannt, so wird diese mit einem constanten durch die Beobachtungen zu bestimmenden Factor multiplicirt, und das Product zu der kleinsten Temperatur addirt. Dieser Factor scheint jedoch eine kleine Abhängigkeit von der Art zu haben, wie die Temperaturextreme gefunden werden. Beobachten wir nämlich in den Momenten, wo durchschnittlich die höchste oder niedrigste Temperatur einzutreten pflegt, so weichen die gefundenen Größen etwas von den durch Thermometrographen erhaltenen ab. Dieses Instrument nämlich giebt stets das wahre Maximum oder Minimum an, während das erstere Verfahren diese Größen nicht liefert. Da nämlich in Folge kleiner Unregelmäßigkeiten im Gange der Witterung das Maximum z. B. bald um 1 Uhr, 2 Uhr, 3 Uhr oder 4 Uhr eintritt, so ist begreiflich, daß das Mittel dieser wahren Extreme größer seyn wird, als wenn wir das Mittel der Thermometerstände um 2 Uhr, d. h. dem Momente nehmen, wo durchschnittlich die höchste Temperatur einzutreten pflegt.

Es bedarf daher nach der verschiedenen Art dieser Bestimmung wahrscheinlich eines verschiedenen Coefficienten zur Herleitung des Mittels. Für den Fall, wo wir in den Momenten der Extreme beobachten, liefern die oben mitgetheilten Tafeln ein bequemes Mittel zu dieser Bestimmung. Unsicherer ist bis jetzt noch die Bestimmung durch Thermometrographen, da dieses Instrument an keinem der erwähnten Punkte beobachtet wurde. Indessen besigen wir an mehreren Orten, wie Basel, Brüssel,

Paris u. s. w. täglich mehrere Beobachtungen, aus denen sich das wahre Mittel mit großer Schärfe herleiten läßt, und da hier zugleich die wahren Extreme beobachtet wurden, so erhalten wir dadurch ein bequemes Mittel, diesen Factor zu bestimmen. Die folgende Tafel enthält für beide Fälle seinen Werth in den einzelnen Monaten.

	Temperaturen zur Zeit der größten und kleinsten Wärme.	Bestimmung der Extreme durch Thermometrographen.
Januar	0,388	0,507
Februar	0,411	0,476
März	0,468	0,475
April	0,481	0,466
Mai	0,512	0,459
Junius	0,501	0,453
Julius	0,488	0,462
August	0,500	0,451
September	0,482	0,433
October	0,453	0,447
November	0,381	0,496
December	0,557	0,521

Die Anwendung dieser Tafel ist im hohen Grade einfach. Findet man an einem Orte im März z. B. zur Zeit der höchsten und niedrigsten Wärme die Extreme $1^{\circ},25$ und $8^{\circ},32$, so ist der Unterschied $7^{\circ},07$ und der constante mit letzterem zu multiplicirende Factor 0,468. Wir finden also

$$\begin{aligned} \text{Minimum} &= 1^{\circ},25 \\ 7^{\circ},07 \times 0,468 &= 3,31 \\ \text{Wahres Mittel} &= 4,56 \end{aligned}$$

Hätten wir im August vermittelt eines Thermometrographen die Extreme $10^{\circ},26$ und nur $22^{\circ},32$ gefunden, so wäre $12^{\circ},06$ der Unterschied dieser und 0,451 der constante Factor. Das wahre Mittel wird also

$$\begin{aligned} \text{Minimum} &= 10^{\circ},26 \\ 12^{\circ},06 \times 0,451 &= 5,44 \\ \text{Wahres Mittel} &= 15,70 \end{aligned}$$

So haben wir die einfachsten Methoden angegeben, welche zur Herleitung des wahren Mittels dienen. Es ist für die Fortschritte der Wissenschaft von großer Wichtigkeit dieses Element so genau zu bestimmen, als es die Umstände gestatten. Eben so wie die Astronomie nur dadurch ihren hohen Grad von Ausbildung erlangte, daß die Beobachter genaue Instrumente anwendeten und bei den Messungen die erforderlichen Correctionen anbrachten, so ist es auch hier der Fall. Die mittlere Temperatur ist schon an sich von großer Wichtigkeit, aber es drängt sich eine Menge von Fragen auf, welche nur dann genügend beantwortet werden können, wenn sie mit Genauigkeit gefunden ist. Hätten z. B. Griechen und Römer Instrumente dieser Art besessen und damit genaue Beobachtungen gemacht, so würden wir im Stande seyn, ein Problem zu lösen, das so häufig aufgeworfen ist: ob nämlich die Temperatur der Erde sich im Laufe der Jahrhunderte geändert habe. Bemühen wir uns daher, Materialien zu liefern, mit deren Hülfe unsere Nachkommen einst diese Aufgabe lösen können.

Gang der Wärme während des Jahres.

Haben wir durch eine der eben betrachteten Methoden die mittlere Wärme eines Monats gefunden, so giebt die durch 12 dividirte Summe dieser für die einzelnen Monate gefundenen Größen die mittlere Temperatur des Jahres. Macht man eine Reihe von Jahren Bestimmungen dieser Art, so zeigt sich, daß die Temperatur desselben Monats je nach der verschiedenen Witterung in mehreren Jahren sehr ungleich ist, während die für das ganze Jahr geltenden Größen weniger von einander abweichen, so daß man durch die Beobachtungen von einigen Jahren ein der Wahrheit nahe kommendes Resultat erhält. Soll aber dieses Element mit großer Schärfe bestimmt werden, so ist erforderlich, so lange als möglich den Thermometerstand aufzuzeichnen. Wir haben es hier mit einer Reihe von Zahlen zu thun, welche sich stets in der Nähe eines mittleren Werthes halten, und bald größer bald kleiner als dieser sind. Nur dadurch, daß wir eine große Menge solcher Zahlen aufsuchen, vermögen wir die Wahrheit zu finden.

Haben wir nun durch eine mehrjährige Reihe von Beobachtungen die Temperaturen des Jahres und der Monate für mehrere Punkte bestimmt, so zeigen diese erhaltenen Größen eine große Uebereinstimmung. Nehmen wir nämlich Orte, welche nicht in den Tropengegenden liegen — denn hier treffen wir eigenthümliche in der Folge näher mitzutheilende Verhältnisse, — so finden wir, daß die Wärme etwa von der Mitte des Januar anfänglich langsam, im April und Mai ziemlich schnell, dann wieder langsamer steigt und gegen Ende des Julius ihren größten Werth erreicht. Anfänglich langsam, im September und October schneller abnehmend, erreicht sie in der Mitte Januars ihren kleinsten Werth. Eine nähere Betrachtung dieses Gegenstandes mit Anwendung der Mathematik zeigt hier eine solche Uebereinstimmung, daß man im Stande ist, für irgend einen Ort aus wenigen Elementen die Temperaturen der einzelnen Monate zu berechnen, wenn man das Gesetz dieses Ganges an andern Orten bestimmt hat. Die Richtigkeit dieser Behauptung beweist die Analyse dieses Phänomens an Punkten, welche in Lappland und am persischen Meerbusen, in der alten und neuen Welt, an den Küsten des Meeres und im Innern der Continente liegen. Suchen wir darnach die Tage auf, an denen die Wärme durchschnittlich ihren kleinsten, mittleren und größten Werth erreicht, so finden wir

Kleinste Wärme	— —	14 Januar
Mittlere Wärme	— —	24 April und 21 October
Größte Wärme	— —	26 Julius

Das Gesetz dieses Ganges läßt sich mit großer Leichtigkeit aus den Aenderungen im Stande der Sonne herleiten. Wenn nämlich nach Beginn des neuen Jahres die Tage länger werden, so wird nicht nur die Sonne wegen ihres höheren Standes wirksamer, sondern die Zeit, während welcher die Erde erwärmt wird, — der Tag im engeren Sinne — wird im Vergleich mit der Nacht länger, und daher erhält die Erde zu derjenigen Wärme, welche sie seit dem vorigen Sommer besaß, einen neuen Zuwachs. Da jedoch anfänglich die Aenderungen im Stande der Sonne sehr unbedeutend sind, so zeigt sich auch nur eine geringe Erhöhung der Temperatur; erst um die Frühlingsnachtgleiche nimmt letztere

mit größerer Schnelligkeit zu. Von der Wärme, welche die Erde während des Tages von der Sonne erhält, geht ein Theil durch Strahlung verloren, ein anderer dringt bis zu geringer Tiefe in das Innere der äußeren Erdrinde, und ein Theil dient zur Erwärmung der Luft. Wenn gleich von dem auf diese Art erlangten Zuwachse ein Theil wieder während der Nacht durch Strahlung verloren geht, so ist doch letztere weit kürzer als der Tag, und daher bemerkt man von einem Tage bis zum folgenden eine Erhöhung der Temperatur. Wenn gegen das Sommersolstitium die Zunahme der Sonnenhöhe kleiner wird, dann steigt auch die Wärme langsamer. Wäre nun bloß die directe Wirkung der Sonne in jedem Momente wirksam, so müßten wir erwarten, daß der wärmste Tag mit dem längsten zusammenfiel. Wenn gleich mit der Abnahme der Höhe der Sonne ihre Wirkung nothwendig kleiner werden muß, so müssen wir die Erwärmung während der Nacht vor Augen behalten. Es wird von der Sonne etwas zu dem hinzugefügt, was die Erde bereits besaß, an jedem Tage also steigt die Temperatur, und damit zugleich die mittlere Wärme von 24 Stunden zunehme, muß der am Tage erlangte Ueberschuß größer seyn, als das in der Nacht durch Strahlung Verlorne. In der ersten Zeit nach dem Sommersolstitium, wo die Nächte noch wenig zunehmen, finden wir noch ein Steigen der Temperatur, bis endlich Gewinn am Tage und Verlust der Nacht gleich sind, und hier tritt das Maximum ein. Erst wenn später die Nächte schneller zunehmen, die Sonne tiefer sinkt, finden wir ein Sinken der Temperatur, und dieses würde noch bedeutender seyn, wofern jetzt die obersten Schichten der Erdrinde nicht an die Luft einen Theil der Wärme zurückgäben, die sie im Sommer von ihr erhalten hatten. Diese Abnahme dauert noch einige Wochen nach dem Wintersolstitium fort, weil auch hier der Verlust während der Nacht größer als der Gewinn am Tage ist.

Aus dem so eben Gesagten ergibt sich ein Umstand, welchen ich bereits früher erwähnte, als von dem Momente der kleinsten täglichen Temperatur die Rede war. Da wir im Frühlinge und Anfange des Sommers eine Zunahme der Temperatur finden und jeder folgende Tag wärmer ist, als der vorhergehende, so muß die Sonne sich am Morgen dem Horizonte mehr nähern,

wenn die Zunahme der Wärme bemerkbar seyn soll, als im Herbst, wo nur eine geringe Einwirkung von außen erforderlich ist, um den Verlust durch Strahlung aufzuheben.

So groß die Uebereinstimmung auch ist, welche die Orte in Betreff ihrer jährlichen Temperaturänderung zeigen, so will ich hier doch kürzlich eines Umstandes gedenken, den wir zwar erst späterhin näher verfolgen wollen, der uns jedoch schon bei den nächsten Untersuchungen von Wichtigkeit werden wird. Untersuchen wir nämlich den Unterschied zwischen den Temperaturen des heißesten und kältesten Monates, so zeigen sich hier bedeutende Abweichungen. Auf kleinen Inseln und an den Westküsten der Continente nämlich ist derselbe klein, er nimmt aber zu, so wie wir ins Innere der Festländer gehen. Daher sind bei einerlei Polhöhe die Küsten und Meere im Winter bedeutend wärmer als das Innere der Länder. Die im vierten Abschnitte mitgetheilten Tafeln liefern eine große Menge von Beispielen zu dieser Behauptung.

J a h r e s z e i t e n .

Ich habe bereits mehrfach die einzelnen Jahreszeiten erwähnt, da die bekannte Eintheilung des Jahres schon im Leben angewendet wird, es kommt jetzt auf eine genauere Fixirung ihrer Gränzen in meteorologischer Hinsicht an. Es ist Sitte, einer jeden von ihnen eine gleiche Länge von 3 Monaten zu geben, und von diesem Principe müssen wir bei einer wissenschaftlichen Bestimmung ebenfalls ausgehen. Verstehen wir nun unter Winter die kälteste Jahreszeit und steht es bei einer solchen Eintheilung in unserer Gewalt Anfang und Ende davon festzusetzen, so müssen wir sie so wählen, daß wo möglich der kälteste Tag genau in seiner Mitte liegt; eben dieses gilt vom Sommer. Da nun der kälteste Tag nahe in der Mitte Januars liegt, so ist es am zweckmäßigsten, die drei Monate December, Januar und Februar als Winter anzusehen und nun die Theilung des Jahres fortzusetzen.

Die Meteorologen haben in neueren Zeiten diese Eintheilung des Jahres auch ziemlich allgemein angenommen, und nur wenige halten sich noch an die astronomische Theilung, indem sie den Winter vom 21. December oder dem zunächst liegenden 1. Januar rechnen, doch verlieren die Jahreszeiten dadurch einen

Theil ihrer charakteristischen Eigenschaften. Völlig zu verwerfen aber ist das Verfahren mancher Meteorologen, welche für ihre Wohnorte künstliche Jahreszeiten bilden. Sie fangen z. B. den Winter mit dem Tage an, wo das Thermometer auf 0 stand, oder den Frühling dann, wenn die Bäume anfangen sich zu belauben. Durch ein solches Verfahren indessen wird nur Verwirrung in die Wissenschaft gebracht, denn nicht bloß ist dazu eine vieljährige Reihe von Beobachtungen erforderlich, sondern jeder Ort hat dann seine eigenthümlichen Jahreszeiten, und jede Art von Uebersicht geht dadurch verloren.

Abhängigkeit der Temperatur von der Polhöhe.

Vergleichen wir Orte, deren Breite sehr ungleich ist, so finden wir im Allgemeinen, daß ihre mittleren Temperaturen desto kleiner sind, je weiter wir uns vom Aequator entfernen, je geringer also die mittlere Höhe der Sonne über dem Horizonte ist. Während wir z. B. am Aequator eine mittlere Temperatur von 27° bis 28° finden, beträgt diese Größe auf Teneriffa nur $21^{\circ},7$, in Paris $10^{\circ},8$, und ist am Nord-Cap in Norwegen bis zum Gefrierpunkte herabgesunken. Außer der Höhe der Sonne haben noch andere Umstände, wie Winde, Feuchtigkeitszustand u. s. w. einen Einfluß auf die mittlere Temperatur, sie sind Ursache, daß die Küsten und Inseln bei einerlei Breite wärmer sind, als das Innere der Festländer. Wie diese Ursachen wirken, wollen wir in der Folge näher untersuchen.

Temperatur der oberen Luftschichten.

Doch nicht bloß von Breite und Länge hat die mittlere Temperatur eine bestimmte Abhängigkeit, sondern auch von der Höhe des Ortes über dem Meere. Beobachten wir das Thermometer an mehreren Punkten, die am Fuße eines Berges liegen, und stellen wir eben solche Instrumente an verschiedenen Stationen auf letzterem auf, so stehen sie desto tiefer, je höher diese Punkte liegen. Eben dieses zeigen die Erfahrungen der Luftschiffer. Diese niedrige Temperatur ist den Bergreisenden so unangenehm, und zwar desto mehr, weil auf den Spitzen der Berge häufig lebhafte Winde wehen, die das Gefühl der Kälte noch vermehren. Diese Abnahme der Wärme hat ihren Grund hauptsächlich

in der verschiedenen Wärmestrahlung und Wärmecapacität der Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit, wie wir dieses im vierten Abschnitte näher betrachten wollen. Im Allgemeinen können wir annehmen, daß die mittlere Temperatur um 1° sinke, wenn wir 100 Toisen (600 Fuß) in die Höhe steigen; doch hängt diese Größe von den Tages- und Jahreszeiten ab, indem am Nachmittage und im Sommer die Wärme weit schneller sinkt, als am Morgen und im Winter. Außerdem aber ist die Höhe, um welche wir steigen müssen, wenn die Temperatur 1° sinken soll, je nach der Beschaffenheit der Witterung sehr ungleich, ja es scheint, als ob letztere zum großen Theil von diesem Phänomene abhängt. Sie ist bei Regenwetter weit kleiner als bei heiterem Himmel, und bei jenem größer als bei Hagelwetter.

Zweiter Abschnitt.

V o n d e n W i n d e n .

Allgemeine Betrachtungen.

So lange die Dichtigkeit der Luft allenthalben gleich ist, befindet sich die Atmosphäre im Zustande der Ruhe; so wie jedoch diese Gleichheit durch irgend eine Ursache aufgehoben wird, erfolgt eine Bewegung, welche wir einen Wind nennen. Gerade so wie die Luft aus einem Blasebalge nach außen strömt, wenn sie comprimirt wird, bewegt sich die Luft aus einer Gegend, wo sie eine größere Dichtigkeit hat, nach derjenigen wo letztere kleiner ist. Diese Bewegung der Luftmassen stimmt völlig mit der des Wassers in den Flüssen überein, es ist ein förmliches Fortfließen eines Theiles des Lutoceanes aus einer Gegend nach der andern.

Diese Luftströmungen, deren wichtigsten Verhältnisse wir jetzt betrachten wollen, sind in dem Haushalte der Natur von dem größten Nutzen. Bei der Befruchtung der Pflanzen spielen sie nicht selten eine wichtige Rolle, indem durch die schwachen Bewegungen des Gewächses der Blüthenstaub zu den weiblichen Geschlechtstheilen gebracht wird; Thiere würden sich bald unwohl fühlen, wenn sie sich stets in derselben Luftmasse befinden sollten, und die Winde letztere nicht häufig erneuerten. Dieser Austausch der Luft von mehr oder minder entfernten Gegenden ist es vorzugsweise, wodurch die Winde in der Klimatologie wichtig werden. Durch sie wird die Strenge hochnordischer und die Hitze der tropischen Gegenden gemildert; ohne sie würden Regen und andere wäßrige Niederschläge im Innern der Continente unbekannt seyn und diese zu völligen Wüsten werden.

Richtung der Winde.

Wir sind gewohnt, die Winde nach denjenigen Gegenden zu bezeichnen, aus denen sie wehen; so ist also ein Nordwind ein solcher, welcher aus Norden weht. Um diese Richtungen anzugeben wird gewöhnlich der Horizont in 8 gleiche Theile getheilt und die Winde mit dem Anfangsbuchstaben der Gegenden in den Tagebüchern angeführt. Diese 8 Winde sind: N, NO, O, SO, S, SW, W und NW. Viele Meteorologen theilen den Horizont in 16 gleiche Theile, so daß zwischen jeder der oben erwähnten Gegenden noch eine in der Mitte liegt, und der Name der letzteren wird dann aus dem der beiden zunächstliegenden von den erwähnten 8 Punkten des Horizontes zusammengesetzt; es ist dabei eingeführter Gebrauch, den Namen des im Meridiane oder des darauf senkrecht liegenden Punktes vorzusetzen. Die in der Mitte zwischen N und NO liegende Gegend heißt also NNO; die zwischen NO und O liegende heißt ONO. Manche Meteorologen stellen die Buchstaben etwas verschieden, so in unseren Beispielen NNO oder NOO. Obgleich dieses gleichgültig zu seyn scheint, so ist doch eine solche absichtliche oder durch Nachlässigkeit entstandene Abweichung vom eingeführten Gebrauche zu tadeln, da derjenige, welcher an die hergebrachte Bezeichnung gewöhnt ist, beim schnellen Ueberblicke eines solchen Tagebuches dadurch unangenehm gestört wird, oder auch wohl Fehler begeht. Es sind demnach die 16 Punkte des Horizontes die folgenden: N, NNO, NO, ONO, O, OEO, EO, SEO, S, SEW, SW, WSW, W, WNW, NW und NNW. In einzelnen Fällen kann es wünschenswerth seyn, eine noch größere Genauigkeit zu erlangen; dann giebt man die Richtung in Theilen der gewöhnlichen Kreistheilung an, indem man von den beiden im Meridiane liegenden Punkten ausgeht, und den Abstand davon gegen O oder W bis 90° zählt. Es ist also S 85° O oder N 12° W ein Wind, welcher aus einer Richtung weht, welche von S gegen O gerechnet von S einen Abstand von 85° oder von N gegen W gerechnet von N einen Abstand von 12° hat.

Zur Bestimmung der Windrichtung in der Nähe der Erdoberfläche bedient man sich der bekannten Windfahnen, welche man wo möglich auf hervorragenden Punkten z. B. Thurmspitzen

aufstellen muß, damit locale durch Unebenheiten des Bodens hervorgebrachte Störungen keine Abänderung der allgemeinen Richtung hervorbringen. Um die Luftströmungen in der Höhe der Atmosphäre zu finden, muß die Richtung beobachtet werden, aus welcher die Wolken kommen. Da diese oft von dem Winde in der Nähe des Bodens abweicht, so wird es wünschenswerth, daß stets beide in den Tagebüchern aufgeführt werden.

Geschwindigkeit des Windes.

Eine Menge täglicher Erfahrungen überzeugt uns von der ungleichen Stärke der Winde; von einem kaum merkbaren Lüftchen finden wir eine Reihe von Uebergängen bis zu Stürmen, welche Bäume entwurzeln und Mauern oder Gebäude umwerfen. Je nach ihrer verschiedenen Geschwindigkeit bezeichnen wir sie mit dem Namen schwacher, mäßiger und lebhafter Wind, Sturm und heftiger Sturm. Nicht selten werden heftige, längere Zeit anhaltende Stürme, wie wir sie besonders in der kalten Jahreszeit haben, *Orcale* genannt. Dieser Ausdruck indessen bezeichnet ein den Wendekreisen eigenthümliches Phänomen und hat in seinem Verlaufe nichts mit den eben erwähnten Stürmen unserer Gegenden gemein; wollen wir diesen Namen auch in mittleren Breiten anwenden, so können wir heftige Gewitterstürme, die sich im Sommer zeigen, so nennen.

Bei Bestimmung der Geschwindigkeit des Windes verläßt man sich meistens auf sein Gefühl und bezeichnet sie in den Tagebüchern gewöhnlich durch die Zahlen 1, 2, 3, 4, indem ein mit 4 bezeichneter Wind den höchsten Grad von Stärke besitzet. Bei genaueren Messungen bedient man sich der *Anemometer*. Eine vertical hängende Fläche dem Winde entgegengesetzt wird aus ihrer verticalen Lage entfernt, und um sie in diese zurückzuführen, müssen wir eine Kraft anwenden, welche desto bedeutender ist, je schneller sich der Wind bewegt. Hängt man also an einen mit dieser Fläche verbundenen Hebel Gewichte, so lange bis sie wieder vertical steht, so ist man im Stande, daraus die Stärke des Windes abzuleiten. So einfach diese Idee auch scheint, so stellen sich doch ihrer Ausführbarkeit manche Schwierigkeiten entgegen. Zweckmäßiger schon ist es, eine etwas schwere Fläche der Richtung des Windes entgegenzustellen, den Winkel abzulesen,

um welchen sie aus ihrer verticalen Stellung entlehnt wird. Alle Vorrichtungen dieser Art haben jedoch das Unbequeme, daß sie die Stärke des Windes nur im Momente der Beobachtung angeben, und da diese Größe fast unaufhörlich eine Menge kleiner Oscillationen zeigt, so würde eine fast anhaltende Aufmerksamkeit auf das Instrument erforderlich seyn, wenn wir die mittlere Geschwindigkeit auch nur während eines kurzen Zeitraumes, z. B. einer Viertelstunde, finden wollen.

Um diesen letzteren Zweck zu erreichen, scheint kein Instrument zweckmäßiger als der von *Woltmann* angegebene Windflügel. Man denke sich eine gewöhnliche Windfahne, die an ihrer dem Winde entgegengesetzten Seite eine horizontale Ageträgt, an der sich ein Paar kleine Windmühlenflügel befinden. Die Luftströmung stellt zuerst die Windfahne in die passende Richtung, und sodann werden die Flügel in eine Drehung versetzt, welche desto schneller wird, je geschwinder sich die Luft bewegt. Um die Umläufe zu zählen, befindet sich an der erwähnten Aget eine Schraube ohne Ende, die in ein mit einer Theilung versehenes Räderwerk greift; beobachtet man dann die Stellung des letzteren am Anfange und Ende des Versuches, so läßt sich aus der bekannten Zwischenzeit die Zahl der Umläufe in einer Minute herleiten. Um daraus die Stärke des Windes zu finden, ist es am zweckmäßigsten, das Instrument mit bekannter Geschwindigkeit durch eine ruhige Luft zu bewegen, z. B. indem man bald schneller bald langsamer auf einem Wagen fährt, hier ist der Erfolg offenbar derselbe, als wenn eine bewegte Luftmasse auf das ruhende Instrument stößt. Dadurch wird es möglich, eine Tafel zu construiren, welche angiebt, wie groß die Geschwindigkeit des Windes sey, wenn die Flügel in der Minute eine gewisse Anzahl von Umläufen machen. Es läßt sich auch, obgleich weniger vollkommen, dasselbe Ziel erreichen, wenn man das Instrument auf einer freien Ebene aufstellt, seine Umläufe zählt und gleichzeitig beobachtet, wie weit leichte Körper, z. B. Federn, während einer Secunde getrieben werden.

So wünschenswerth es wäre, eine Anzahl genauer Messungen über die Stärke des Windes zu besigen, so stellen sich doch dieser Untersuchung bedeutende Hindernisse entgegen. Da man das Instrument frei aufstellen und im Stande seyn muß, mit Leich-

tigkeit die nöthigen Ableesungen zu machen, so muß man es entweder in freien, weder mit Bäumen noch mit Häusern bedeckten Ebenen, oder auf dem Dache eines Gebäudes beobachten. Da jedoch nur wenige Meteorologen über ein solches Local disponiren können, so wird eine mehrjährige Reihe solcher regelmäßig angestellten Messungen von verschiedenen Orten noch lange zu den frommen Wünschen gehören.

Die Geschwindigkeit der Luftströmungen in der Höhe der Atmosphäre läßt sich dadurch bestimmen, daß man die Schnelligkeit beobachtet, mit welcher sich der Schatten einer Wolke bewegt, da diese als ein leichter Körper dieselbe Bewegung hat als die Luft.

Mittlere Windrichtung.

Haben wir in unseren Gegenden die Winde längere Zeit aufgezeichnet, so suchen wir zuerst auf, wie oft ein jeder von ihnen geweht habe; dadurch erhalten wir 8 oder 16 Zahlen, die eine gute Uebersichtlichkeit gewähren. Wäre uns bekannt, wie oft und mit welcher Schnelligkeit ein jeder dieser Winde geweht habe, so ließe sich auf folgende Art ein besseres Resultat erlangen. Jeder Wind führt durch unsern Standpunkt eine Luftmasse aus derjenigen Gegend, aus welcher er kommt, welche bei einerlei Geschwindigkeit desto bedeutender wird, je länger er geweht hat. Kommt darauf ein Wind aus völlig entgegengesetzter Richtung, so bringt er dieselbe wieder zurück. Diese fortgeführte Luftmasse hängt in der That außer der Dauer des Windes zugleich von seiner Stärke ab; da jedoch letztere selten beobachtet ist, so wollen wir sie stets gleich setzen, also nur die Häufigkeit der Winde berücksichtigen. Gesezt nun, an einem Orte habe der Nordwind 30, der Südwind 20 Mal geweht, so bringt jener durch unsern Standpunkt eine Luftmasse, welche wir mit 30 bezeichnen wollen; von diesen 30 Theilen führt der Südwind 20 zurück, und der Erfolg ist also derselbe, als ob der Nordwind nur 30 — 20 d. h. 10 Mal geweht habe. Hätte der Nordwind und Ostwind jeder 20 Mal geweht, so wäre die Bewegung eben so gewesen, als ob ein Wind aus NO geweht hätte. Indem wir solchergestalt die Winde als Kräfte ansehen, welche die Atmosphäre in Bewegung setzen, können wir sie eben so wie alle übrigen Kräfte in der Mechanik zu-

sammensetzen, und dadurch erhalten wir eine Richtung, welche wir die mittlere Windrichtung nennen wollen. So wie wir aber in der Mechanik nicht bloß die Richtung, sondern auch die Stärke der Mittelkraft bestimmen müssen, so ist es auch hier. Um diese einfach auszudrücken, setzen wir die absolute Zahl aller beobachteten Windrichtungen als 1000 an und dividiren damit in die Stärke der mittleren Windrichtung. Wenn wir also an einem Orte für die mittlere Windrichtung S 63° W und die Intensität 158 fänden, so heißt dieses, daß die 1000 an diesem Orte beobachteten Winde auf die Verrückung der Atmosphäre eben so gewirkt haben, als ob 158 Winde aus einer zwischen S und W liegenden Richtung, welche um 63° von Süden absteht, geweht hätten.

Statt dieses von Lambert empfohlenen Verfahrens hat Schouw das Verhältniß der östlichen Winde (NO, O, SO) zu den westlichen (NW, W, SW), so wie das der nördlichen (NW, N, NO) zu den südlichen (SW, S, SO) betrachtet. Gesezt, es wehe an einem Orte in einer gegebenen Zeit der Nwind 84, NO 98, O 119, SO 87, S 97, SW 185, W 198 und NW 131 Mal, wobei wir sogleich die Zahl aller Winde gleich 1000 setzen, so ist die Zahl der östlichen Winde gleich $98 + 119 + 87 = 304$; die der westlichen gleich $185 + 198 + 131 = 514$; die der nördlichen $131 + 98 + 84 = 313$, und die der südlichen $87 + 97 + 185 = 369$. Wir finden also an diesem Orte die beiden Verhältnisse:

Oestlich zu westlich = $304:514 = 1:1,69$

Nördlich zu südlich = $313:369 = 1:1,18$;

es haben demnach die südlichen und westlichen Winde ein Uebergewicht, und dieses zeigt auch das Verfahren von Lambert, indem dieses in unserm Beispiele die mittlere Richtung S 76° W und die Stärke 177 giebt.

Ursachen der Winde.

Wie wir sogleich im Anfange dieses Abschnittes sahen, so liegt allen Winden eine Störung im Gleichgewichte der Atmosphäre zum Grunde; so vielfach auch die Ursachen einer solchen zu seyn scheinen, so zeigt eine genauere Analyse, daß fast stets Temperaturdifferenzen benachbarter Gegenden zu der Entstehung

der Winde Veranlassung geben. Gesezt, die Atmosphäre befände sich im Zustande völliger Ruhe und die Luft habe in zwei benachbarten Gegenden allenthalben, sowohl am Boden als in derselben Höhe, einerlei Temperatur, so kann dieser Zustand nicht mehr fort dauern, wenn die eine Gegend stärker erwärmt wird, als die andere.

Um den Vorgang in diesem Falle mit Leichtigkeit zu übersehen, wollen wir auf die Kugelgestalt der Erde keine Rücksicht nehmen; eben so wollen wir uns vorstellen, daß die Luft in der Höhe dieselbe Dichtigkeit als an der Erde habe und eine scharf abgeschnittene Gränze besitze. Es bezeichne also AB (Taf. II. Fig. 1.) die Oberfläche der Erde und die damit parallele Fläche CD die Gränze der Atmosphäre. Würde diese ganze Gegend gleichzeitig und gleich stark erwärmt, so würde die Luft sich ausdehnen, die Gränze CD sich weiter von der Erde entfernen, aber alles im Zustande der Ruhe bleiben. Diese letztere hört indessen sogleich auf, wenn eine Gegend EF stark erhitzt wird, während AE und FB ihre ursprüngliche Temperatur behalten. In Folge der durch die Temperaturerhöhung bewirkten Ausdehnung rückt die Gränze der Atmosphäre über EF bis zu GH, also über CD hinaus; eben so wie sich aber ein auf die Oberfläche des Wassers gegossener Tropfen sogleich nach allen Seiten ausbreitet, so fließt auch die zwischen GH und JL liegende Luftmasse nach allen Seiten ab, und wir finden daher Winde, welche in der Richtung der Pfeile von der wärmeren Gegend nach der kälteren gehen.

Während sich dieses in den oberen Luftschichten ereignet, wird auch das Gleichgewicht in der Nähe des Bodens aufgehoben. Da nämlich das Gewicht der über AE und FB befindlichen Atmosphäre durch die in den oberen Schichten hinzugekommenen Luftmassen vergrößert wird, so pflanzt sich dieser vermehrte Druck nach allen Seiten fort, was hier um so eher erfolgen muß, da dieser Druck über EF durch die oben abgelaufenen Massen kleiner geworden ist. Eben so wie in einem Gefäße comprimirt Luft schnell nach außen in die weniger dichte Atmosphäre entweicht, wenn in den Wänden eine Oeffnung angebracht wird, so bewegt sich die dichtere Luft hier aus den kälteren Gegenden AE und FB am Boden nach EF.

Wäre die Gegend EF ungewöhnlich kälter geworden, so hätte sich die darüber befindliche Atmosphäre zusammengezogen, weshalb sich in den oberen Regionen die Luftmassen über AE und FB nach der Gegend über EF bewegt hätten, während am Boden Strömungen in entgegengesetzter Richtung erfolgt wären. Stellen wir diese einzelnen Thatfachen zusammen, so gelangen wir zu folgendem Satze:

Wenn von zwei benachbarten Gegenden die eine weit stärker erwärmt wird als die andere, so finden wir in den oberen Schichten der Atmosphäre einen Wind, welcher von der wärmeren Gegend nach der kälteren geht, während sich am Boden die Luft von der kälteren nach der wärmeren bewegt.

Dieser Satz ist die erste Ursache aller Winde, welche wir auf der Erde bemerken, und wird nicht nur dadurch, sondern auch durch eine Menge von Erfahrungen im Leben bewiesen. Der folgende Versuch von Franklin beweist auf eine überraschende Weise seine Wahrheit. Wenn man im Winter die Thür zwischen einem geheizten und einem kalten Zimmer öffnet und dadurch eine Vermischung der in ihnen befindlichen Luftmassen möglich macht, so erkennen wir in der Thüröffnung zwei Winde, im oberen Theile geht der Luftstrom aus dem wärmeren Zimmer nach dem kälteren, in dem unteren ein eben solcher aus dem kalten nach dem warmen. Um diese Strömungen zu erkennen, liefert die leicht bewegliche Flamme einer Kerze eine treffliche Windfahne; im oberen Theile der Thüröffnung wird sie mit Lebhaftigkeit nach außen, im unteren dagegen nach innen getrieben. Dieselbe Ursache ist Schuld daran, daß im Winter durch die Spalten an dem unteren Theile der Thüröffnungen, der Fenster eine so kalte Luft in geheizte Zimmer tritt, ja wir vermögen diese beiden entgegengesetzten Ströme nicht selten an jeder einzelnen Fensterscheibe zu erkennen. Durch die kaum zu vermeidenden Spalten zwischen dem Glase und dem Rahmen nämlich findet eine beständige Verbindung der inneren und äußeren Luft Statt, aber die wärmere Luft entweicht vorzugsweise durch die am oberen Theile des Glases befindliche Spalte, während die kalte unten eindringt. Nicht bloß vermögen wir die verschiedene Temperatur

durch die in die Nähe gehaltene Hand zu erkennen, sondern wir finden auch, daß eine jede gefrorene Fensterscheibe an dem unteren Theile eine größere Eismasse enthält.

Das Entweichen der heißen Luft nach oben und das Zufließen kalter in der Tiefe ist für eine Menge von Operationen von großer Wichtigkeit. Zünden wir ein Feuer an, so nehmen die brennenden Kohlen der atmosphärischen Luft einen ihrer Bestandtheile (den Sauerstoff), und so wie dieser verzehrt wäre, würde der Verbrennungsprozeß ganz aufhören. Kaum aber ist die ihres Sauerstoffes beraubte Luft erhitzt, so steigt sie in die Höhe, es tritt kalte Luft zum Feuer, welche diesem den nährenden Bestandtheil abgibt, und so wird der Prozeß unterhalten. Sind wir im Stande, die Schnelligkeit dieser Ströme zu befördern, so wird nicht nur die Helligkeit, sondern auch die Hitze der Flamme größer. Unsere Schornsteine bieten ein treffliches Mittel dar, die Schnelligkeit des aufsteigenden Luftstromes zu vergrößern; im Kleinen sieht man dieses an unseren Lampen. Wird der über der weißen Flamme befindliche Glascyliner weggenommen, so wird das Licht röthlich und eine Menge von Rauch steigt in die Höhe: Erscheinungen, welche sogleich aufhören, wenn der Glascyliner wieder aufgesetzt wird. Nicht bloß erleichtert der enge Kanal das Aufsteigen der verdorbenen Luft, sondern die heißen Wände erhitzten diese noch mehr, und so wird in kurzer Zeit eine größere Menge atmosphärischer Luft zur Flamme gebracht, wodurch nothwendig der Verbrennungsprozeß vollständiger wird.

Manche Naturforscher haben sich bemüht, die Winde aus andern kosmischen oder tellurischen Ursachen abzuleiten, namentlich ist mehrfach die Ansicht aufgestellt worden, daß Prozesse im Innern der Erde Ursache davon seien. Als Beleg für diese Ansicht wird die große Heftigkeit der Winde in Gebirgsgegenden angeführt; die in den Eingeweiden der Erde (um den Ausdruck dieser Physiker zu gebrauchen) angehäuften Luft soll hier aus den Unebenheiten des Bodens leichter entweichen und so die Winde hier eine größere Stärke besitzen als über Ebenen. Aber eben diese Unebenheiten sind allein Ursache der größeren Heftigkeit der Winde; indem ihr Fortschreiten durch die Erhöhungen aufgehalten wird, bewegen sie sich mit desto größerer Heftigkeit durch die Thäler und über die Bergspitzen, gleichzeitig entstehen locale Strömungen, welche

die Geschwindigkeit des ursprünglich wehenden Windes vergrößern. Wehen in einem großen Theile des südlichen Europa heftige Südwinde, so besitzen diese in den von Nord nach Süden laufenden Thälern der Schweiz eine Heftigkeit, von welcher man sich in den Ebenen keinen Begriff machen kann, und allenthalben wird hier der Föhn gefürchtet. Der ganze Vorgang läßt sich auch an den Flüssen beobachten; so wie diese über ein unebenes klippenreiches Bett fließen, wird die Schnelligkeit in den Kanälen zwischen den Steinen weit größer, und so wie hier das Wasser an einzelnen Stellen in der Nähe der Oberfläche fast ruhig ist, um im nächsten Momente eine bedeutende Stärke anzunehmen, so finden wir auf den Spitzen der Berge einen Wechsel von Windstille und ungemein heftigen Stößen, wie dieses namentlich Saussure hervorgehoben hat.

Weit wichtiger scheint eine von manchen Physikern hervorgehobene Erfahrung der Bergleute. Diese haben nämlich zur Zeit heftiger Stürme, zum Theil auch vor denselben schnelle Luftströme in der Tiefe der Erde bemerkt, die häufig nach außen entweichen; jedoch auch diese Thatsache läßt sich nicht zu Gunsten ihrer Ansicht anwenden. Heftigen Stürmen geht meistens ein niedriger Barometerstand voraus, oder ist gleichzeitig mit ihnen; da nun die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft weit geringer geworden ist, so dehnt sich die in den Höhlen der Erde enthaltene Luft wegen des verminderten Luftdruckes aus und strömt zur Oberfläche hervor. Es erinnert diese Erscheinung ganz an einen Versuch, den man gewöhnlich mit der Luftpumpe zu machen pflegt. Legen wir unter den Recipienten eine schlaffe, fest zugesbundene Blase, so dehnt sich diese bei der Verdünnung der Luft, also der Verminderung des Druckes, schnell aus.

Auch die heftigen Stürme, welche zur Zeit vulcanischer Eruptionen Statt finden, sollen für die Ansicht sprechen, daß die Winde im Innern der Erde entstehen, aber gerade diese Thatsache liefert einen Beweis für die oben aufgestellte Ansicht. Ueber dem Krater erhebt sich in Folge der ungeheuren Hitze ein lebhafter aufsteigender Luftstrom, und von allen Seiten fließen die Luftmassen in der Nähe des Bodens heftig gegen den Vulcan; sie haben also eine Richtung, welche völlig derjenigen entgegengesetzt ist,

welche Statt finden würde, wenn sie von dem Vulcane ausgehaucht würden.

Ungleichheit der Winde in verschiedenen Gegenden.

Bei Betrachtung der Windverhältnisse in verschiedenen Gegenden der Erde treffen wir Ungleichheiten an, welche für die Charakterisirung ihrer Klimate von großer Wichtigkeit sind. In den Küstengegenden, namentlich zwischen den Wendekreisen, finden wir im Laufe des Tages eine ziemlich regelmäßige Periode, indem zu bestimmten Stunden der Wind vom Lande, zu andern vom Meere her weht, wir bezeichnen sie mit den Namen der Land- und Seewinde. Auf dem atlantischen Meere und dem großen Oceane wehen sie in der Nähe des Aequators das ganze Jahr hindurch aus derselben Gegend, diese aus dem östlichen Theile des Horizontes kommenden Winde nennen wir *Pasate*. In Hindostan und den benachbarten Meeren treffen wir eine jährliche Periode in der Windrichtung, indem der Wind ein halbes Jahr ziemlich constant aus einer und die übrige Zeit eben so constant aus einer andern Himmelsgegend kommt. Diese wechselnden Winde heißen *Mouffons*. In höheren Breiten endlich treffen wir veränderliche Winde an, indem hier selten mehrere Tage hinter einander der Wind aus derselben Gegend weht.

Land- und Seewinde.

Das Phänomen der Land- und Seewinde, welche von den Seeleuten wegen ihrer geringen Stärke auch wohl *Brisen* (schwache Winde) genannt werden, ist in hohem Grade einfach und liefert uns zugleich eins der besten Beispiele zur Bestätigung der oben vorgetragenen Ansicht über Entstehung der Winde. Gesezt, es wehe in einer Küstengegend kein lebhafter weit verbreiteter Wind, so herrscht des Morgens um 8 oder 9 Uhr an der Küste völlige Windstille, es erhebt sich allmählig der vom Meere kommende Seewind, anfänglich nur schwach und auf ein schmales Meeresstück eingeschränkt, seine Stärke und der Raum, in welchem er sich zeigt, sind anfänglich klein, nehmen aber bis etwa 5 Uhr Abends zu und erreichen nun ihren größten Werth. Beide

nehmen ab und einige Zeit nach dem Untergange der Sonne erhebt sich der Landwind, welcher anfänglich ebenfalls schwach und auf einen kleinen Raum eingeschränkt, zur Zeit des Sonnenaufganges seine größte Stärke erreicht und nun wieder abnimmt.

Wofern kein anderer Wind in dieser Gegend weht, stehen beide auf der Küste senkrecht; ist aber ein solcher vorhanden, so werden die Brisen durch die Zusammensetzung mit diesem auf mancherlei Weise modificirt. Weht z. B. bei einer Insel ein Ostwind, so ist auf der Ostküste der Seewind sehr stark, der Landwind schwach, auf ihrer Westküste ist der Landwind stärker als der Seewind, auf ihrer Nordküste stehen die Brisen nicht senkrecht, sondern der Landwind kommt zur Zeit seiner größten Stärke aus SO, der Seewind aus NO, und zwischen beiden Richtungen ändert sich der Wind im Laufe des Tages sehr regelmäßig. Eben so zeigt sich eine geringe Verschiedenheit in Meerbusen oder an Vorgebirgen, indem dort die Seewinde, hier die Landwinde sehr schwach sind. Im Allgemeinen zeigen sich diese Winde zwischen den Wendekreisen, doch noch in höheren Breiten, selbst in Grönland lassen sich Spuren davon erkennen.

Auf eine sehr einfache Weise lassen sich diese Winde aus der im vorigen Abschnitte hervorgehobenen Leichtigkeit, womit Land und Meer erwärmt werden, herleiten. Um etwa 9 Uhr Morgens ist die Temperatur über dem Lande nahe eben so groß als über dem Meere, und wegen gleicher Dichtigkeit der Luft ist die Atmosphäre im völligen Gleichgewichte. Es nimmt nun bei fortwauernder Einwirkung der Sonne die Temperatur über dem Lande schneller zu, und so treffen wir in den oberen Luftschichten einen gegen das Meer wehenden Wind, dessen Richtung auch häufig durch kleine Wölkchen angegeben wird, während in der Tiefe der Seewind sich erhebt. Zur Zeit, wo die größte Tageswärme eintritt, ist die Temperaturdifferenz beider Gegenden am größten, und jetzt hat der Seewind auch seine größte Stärke. So wie aber gegen Abend die Luft erkaltet, wird der Wärmeunterschied zwischen Meer und Land kleiner und verschwindet endlich ganz um die Zeit des Sonnenunterganges; beide haben jetzt sehr nahe dieselbe mittlere tägliche Temperatur, und jede Bewegung der

Luft hört nun auf. In der Nacht endlich erkaltet das Land stärker als das Meer, und wir finden daher in der Tiefe den Landwind, dessen Stärke zu der Zeit am größten ist, wo die Temperatur am kleinsten ist, weil dann die Temperaturdifferenz der beiden benachbarten Gegenden ihren größten Werth erreicht.

Passatwinde.

Es giebt wenige Phänomene, welche im 15ten Jahrhunderte die Verwunderung der ersten Europäer, die sich ins atlantische Meer wagten, so sehr erregten, als die regelmäßigen Ostwinde zwischen den Wendekreisen. Furcht und Schrecken erfüllte die Leute des Columbus, als sie unaufhörlich von anhaltenden Ostwinden durch unbekannte Meere getrieben wurden, ohne die Aussicht zu haben, je die zur Rückkehr in ihre Heimath erforderlichen Westwinde zu treffen. Jahrhunderte hindurch bemühte man sich vergeblich, einen Grund für diese Winde zu suchen, bis ihn endlich Halley und Hadley in dem von uns zu Grunde gelegten Sage fanden.

Gesetzt, die Erde wäre vollkommen eben und die Sonne bliebe unaufhörlich im Zenith desselben Ortes, so würde hier der heißeste Punkt der Erde liegen und von ihm aus die Wärme nach allen Richtungen abnehmen. In den oberen Schichten der Atmosphäre würde die Luft von dieser heißen Gegend aus nach allen Seiten abfließen, am Boden dagegen würden allenthalben Winde wehen, welche gegen dieselbe gerichtet sind. Dieser ideale Fall tritt indessen wegen des täglichen Umlaufes der Sonne um die Erde nicht ein, wir haben in der Gegend des Aequators eine heißeste Region der Erde, und von hier aus nimmt die Wärme gegen beide Pole hin ab. Es muß demnach die obere Luft von dem Aequator sich gegen beide Pole bewegen, dagegen kommt am Boden kältere Luft zum Aequator, wird hier erwärmt, steigt in die Höhe, fließt gegen die Pole, und so muß hier unaufhörlich ein Austausch der Luftmassen Statt finden.

Dem Gesagten zufolge müßten wir in der nördlichen Halbkugel einen Nordwind, in der südlichen einen Südwind antreffen, jedoch werden beide Richtungen durch die Umdrehung der Erde etwas abgeändert und in Nordost und Südost verwandelt. Weil der Halbmesser der einzelnen mit dem Aequator parallelen Kreise,

welche wir uns über die Erde gezogen denken können, desto bedeutender wird, je weiter wir uns vom Pole entfernen und alle Punkte, die auf einem Mittagskreise liegen, sich in derselben Zeit von 24 Stunden um die Erdaxe drehen, so müssen nothwendig die am Aequator liegenden Punkte eine größere Drehungsgeschwindigkeit besitzen, als die näher am Pole befindlichen. Wenn demnach die Luftmassen von Norden her sich dem Aequator nähern, so haben sie eine geringere Drehungsgeschwindigkeit als die Gegenden, in welche sie gelangen, und sie bleiben daher etwas zurück. Dadurch leisten sie allen Hervorragungen auf der Erde auf der Ostseite einen Widerstand, und wenn dieser mit der nach Süden gerichteten Bewegung zusammengestellt wird, so erhalten wir durch Zusammensetzung beider einen Nordostwind. Aus demselben Grunde kommt der Passat in der südlichen Halbkugel aus Südost.

Wenn wir uns aus einer Breite von etwa 30 Graden, wo die Passate beginnen, dem Aequator nähern, so finden wir auch eine geringe Aenderung in der Richtung dieser Winde. Sie geht nämlich allmählich von NO nach N und NO, und in der Nähe des Aequators ist sie fast vollkommen N. Hier ist nämlich die Geschwindigkeit der Erde am größten und die Luftmassen bleiben daher am meisten zurück, setzen also den Körpern den größten Widerstand entgegen. Doch müssen wir dabei noch die Zusammensetzung berücksichtigen. Gesetzt nämlich, im ersten Momente der Entstehung wehete der Passat genau aus N und SO, so treffen sich beide Winde in der Nähe des Aequators; beide wirken auf die hier befindliche Luftmasse, diese aber bewegt sich so, als ob sie von dem in der Mitte liegenden Ostwinde getrieben würde. Es ist also hier der Vorgang genau derselbe, als wenn eine in Bewegung begriffene Billardkugel von einer zweiten getroffen wird; eben so wenig als sie ihre ursprüngliche Richtung behält, nimmt sie die Richtung von dieser an, sondern ihre Bahn liegt zwischen beiden. Wenn wir auf diese Art alle einzelnen Richtungen, in denen sie die Passate treffen, zusammensetzen, so erkennen wir sehr leicht, wie sie je nach der Breite aus allen Richtungen zwischen NO und N kommen können.

Bisher haben wir nur den Vorgang in der Nähe des Poles betrachtet, aber auch in der Höhe zeigen sich regelmäßige

Luftströme. In der nördlichen Halbkugel nämlich bewegen sich die erwärmten Luftmassen nach Norden, aber indem sie nach Breiten gelangen, welche sich weniger schnell drehen als der Aequator, eilen sie der Erde voran, sie haben also ein Streben sich nach Osten zu bewegen und durch Zusammensetzung dieser Richtung mit ihrer ursprünglich südlichen erhalten wir einen Südwestwind. Aus derselben Ursache weht in den oberen Schichten der südlichen Halbkugel ein Nordwestwind.

Passate im großen Oceane.

In dem großen Oceane, als dessen Gränzen wir die Westküste von Amerika und die Ostküste von Neu-Holland ansehen wollen, finden wir die größte Wassermasse der Erde, die nur von sporadisch zerstreuten Inseln von geringer Ausdehnung unterbrochen wird. Hier, wo die Verhältnisse sich unserem idealen Falle am meisten nähern, weht der NO-Passat in einiger Entfernung vom Lande zwischen dem Aequator und dem nördlichen Wendekreise ziemlich regelmäßig. Dadurch wurde es möglich, daß sich die spanische Gallione auf ihrer jährlichen Reise von Acapulco nach Manilla so wenig von der gewohnten Straße entfernte, weil sonst sehr viele erst in neueren Zeiten entdeckte Inseln hätten aufgefunden werden müssen. Die nördliche Gränze dieses Passates rückt während des Sommers der nördlichen Halbkugel etwas nach Norden, während des Winters nach Süden, je nachdem die nördliche Halbkugel der Erde wärmer oder kälter ist als die südliche. Es scheint, als ob wir annehmen dürfen, daß die NO-Passate sich hier etwa von 25 bis 2° nördlicher Breite erstrecken. Eben so regelmäßig treffen wir südlich vom Aequator den Südostpassat; seine Gränzen sind jedoch weniger genau bestimmt, vielleicht entfernen wir uns nicht sehr von der Wahrheit, wenn wir annehmen, daß er sich von 21° bis 2° südlicher Breite erstrecke.

Die eben erwähnten Winde zeigen sich auf dem ganzen Meere bis zu den Philippinen und Neu-Holland, erscheinen jedoch erst in einiger Entfernung von der amerikanischen Küste, so 50 bis 60 Meilen westlich von Mexico und 100 bis 150 Meilen westlich von Peru. In dem Zwischenraume zwischen beiden Passaten (2° Nord bis 2° Süd) wird die Luft am stärksten erwärmt,

sie erhebt sich daher hier mit Lebhaftigkeit, wodurch ihre Bewegung in horizontaler Richtung vermindert wird. Daher finden wir hier keine regelmäßigen Winde, sondern Windstillen wechseln unaufhörlich mit Windstößen und Orcanen (Tornados oder Travados der Spanier und Portugiesen). Wir wollen diesen Gürtel die Region der Calmen nennen; wir werden später sehen, daß hier heftige Gewitter und Regengüsse sich fast täglich ereignen, welche dann außer den erwähnten Ursachen ebenfalls dazu beitragen, den regelmäßigen Passat aufzuheben.

Passate auf dem atlantischen Meere.

Weit bekannter als auf dem großen Oceane sind die Passate auf dem atlantischen Meere, wo Reisende seit Jahrhunderten eine schätzbare Reihe von Thatfachen gesammelt haben, so daß wir im Stande sind, ihre Gränzen mit großer Schärfe zu bestimmen. Darnach finden wir die nördliche Gränze des NO-Passates in der Mitte des Meeres in etwa 28 bis 50° N, die südliche Gränze liegt im Mittel in etwa 8° N, worauf bis 5° N die Region der Calmen folgt; es beginnt hier der Südostpassat, welcher sich bis etwa 28° südlicher Breite erstreckt. Die Gränzen, welche die Region der Calmen hat, hängen hier ebenfalls von den Jahreszeiten ab, im August liegen sie in 15 und $3\frac{1}{4}$ Grad, im Februar 6 und $1\frac{1}{4}$ Grad nördlicher Breite.

So erstreckt sich in diesem Meerbecken der Südostpassat stets bis in die nördliche Halbkugel, und diese Thatfache hat zu manchen Hypothesen Veranlassung gegeben. Namentlich glaubte Prevost, sie habe ihren Grund darin, daß die südliche Halbkugel kälter sey, als die nördliche, und da aller Wahrscheinlichkeit nach die Mitte von der Region der Calmen dergestalt liegt, daß das auf jeder Seite befindliche Stück der Erde dieselbe mittlere Temperatur hätte, so müßte sie sich in der nördlichen Halbkugel befinden. Diese mit vielem Beifalle aufgenommene Ansicht scheint jedoch nicht ganz naturgemäß zu seyn. Nicht bloß finden wir im großen Oceane die Gränzen der Passate am Aequator, wohin die Theorie sie verweist, sondern es würde aus dieser Hypothese auch folgen, daß der Winter der nördlichen Halbkugel wärmer wäre, als der Sommer der südlichen, weil auch dann

noch die Südostpassate nördlich vom Aequator wehen; eine Folgerung, die gewiß unrichtig ist.

Bei weitem wahrscheinlicher ist die von Humboldt und andern Physikern aufgestellte Ansicht, daß der Grund der Erscheinung in der eigenthümlichen Configuration des Meerbeckens liege. In dem nördlich vom Aequator liegenden Theile von Südamerika finden wir die hohen Gebirge des Freistaates von Columbia, auf deren Nordseite das Antillenmeer, auf deren Ostseite das atlantische Meer liegt. Bei südlicher Declination der Sonne, also zu der Zeit, wo die nördliche Halbkugel ihren Winter hat, sind diese Meere schon nach dem allgemeinen Gange der Temperatur wärmer als das Festland; durch den Meeresstrom, welcher am Marañon vorbeigehend in das Antillenmeer fließt und hier gewissermaßen die Quelle des durch seine Wärme ausgezeichneten Golfstromes bildet, wird diese Temperaturdifferenz noch erhöht. Schon diese Umstände würden genügen, hier eine südliche Luftströmung zu erzeugen, welche dann, wenn sie auf den allgemeinen Ostwind trifft, eine zusammengesetzte südöstliche Bewegung erzeugt und dadurch das Vordringen des Nordostpassates verhindert. Dazu kommt, daß der ganze Umriß der Küste sehr nahe mit der Richtung des Südostwindes zusammenfällt und dadurch seine Ausbreitung noch mehr befördert.

Westwind der höheren Luftschichten.

Es ist bereits vorher erwähnt worden, daß in den oberen Regionen der Tropengegenden westliche Winde wehen müssen, und mehrere Thatfachen sprechen für die Richtigkeit dieser Folgerung. Während auf der am östlichen Rande der Antillenkette liegenden Insel Barbados der gewöhnliche Nordostpassat wehte, waren die Bewohner nicht wenig erstaunt, als auf ihre Insel vulcanische Asche herabfiel; einige Zeit später erfuhren sie, daß diese von dem Vulcane auf der westlich liegenden Insel St. Vincent gekommen sey; in die Höhe gestiegen, war sie also in die Region des Westwindes gekommen und von diesem nach Osten geführt worden. Auf der Spitze des Pic von Teneriffa haben fast alle Reisende Westwinde getroffen, selbst wenn auf dem Meere der Passat mit großer Regelmäßigkeit wehte. Eben so berichtet Paludan, ein mit den tropischen Meeren genau bekannter Seemann, daß

die Wölken in den höheren Schichten sich häufig gegen den Passat bewegen, was auch durch einige Erfahrung von Bruce in Habessinien bestätigt wird. Die neueste Erscheinung dieser Art zeigte sich am 25. Februar 1835 bei dem Ausbruche des Vulcans von Cosiguina an der Südseite des Busens von Fonseca in Guatimala. Fünf Tage hindurch wurde die Asche so dicht in die Höhe geschleudert, daß man kein Tageslicht bemerkte. Die feinen Staubtheile wurden bis zu den Regionen erhoben, in denen der Südwestwind wehte, und kurze Zeit darauf fielen sie in den Straßen von Kingston auf Jamaica nieder, wohin sie in einer Richtung gekommen waren, welche der des Passates entgegengesetzt war.

Winde im indischen Meere.

Verwickelter als in den beiden bisher betrachteten Meerbecken ist das Verhalten der Winde im indischen Meere, weil hier die benachbarten Ländermassen einen großen Einfluß darauf äußern. Im Westen des Meeres liegt, sich von SW nach NO erstreckend, Africa; alle Angaben, welche E. Ritter mit sorgfältiger Kritik zusammengestellt hat, deuten darauf, daß wir hier ein hohes Plateau haben, dessen Vorstufen am Zambese und in Habesch genauer erforscht sind. Nördlich von diesem Lande liegen Arabien und Persien, beide abgesonderte Plateaus von mäßiger Höhe bildend, im hohen Grade trocken, ohne Flüsse und nur dürrtig mit Vegetation bedeckt. Südlich von den Sandwüsten an den Mündungen des Indus tritt plötzlich das Plateau Hindostan ins Meer, welches sich tief bis gegen Süden erstreckt und in dessen Norden die mit ewigem Schnee bedeckte Kette des Himalaya, so wie das Hochland von Tibet liegen. Steil fällt Hindostan an der Westküste Malabar gegen das Meer, während das Gebirge an der Ostküste Coromandel sanfter ansteigt. Die Höhe des Plateaus über dem Meere ist ziemlich gleichförmig, nur westlich von der Nordspitze von Ceylon senkt es sich bedeutend, und diese Senkung giebt zu localen Aenderungen der Winde Gelegenheit. Westlich von dem bengalischen Meerbusen liegt das weniger bekannte Hinter-Indien; das Land erstreckt sich von hier im Allgemeinen nach NO, ein hohes Gebirge liegt nördlich vom Chinesischen Meere, welches im Osten von der Kette der

Philippinen begränzt wird. Im Süden und Osten der Halbinsel Malacca treffen wir große, zum Theil mit hohen Bergen bedeckte Inseln, von denen das vom Aequator durchschnitene Sumatra, Java, Borneo und Celebes die wichtigsten sind. Südlich von dieser Gruppe liegt Neu-Holland; das Innere davon ist uns bisher unbekannt, aber der Mangel an Flüssen scheint darauf hinzudeuten, daß wir hier weder sehr hohe Gebirgsketten noch Hochländer zu suchen haben. Die große Trockenheit der vom Lande wehenden Winde, welche man fast allenthalben an der Küste bemerkt hat, macht es eben so wenig wahrscheinlich, daß sich im Innern große Wasseransammlungen befinden.

Durch die eben betrachteten Verhältnisse, namentlich durch die Temperaturdifferenz zwischen Festland und Meer zu verschiedenen Jahreszeiten, werden die Passate in ihrem allgemeinen Verhalten gestört; wir finden hier zwar während des Sommers und Winters regelmäßige Winde, aber die Richtungen in beiden Jahreszeiten sind nicht dieselben; da durch sie die Witterung charakterisirt wird, so hat man ihnen den Namen *Moussons* gegeben, indem die Malayen mit dem Ausdrucke *Moussin* die Jahreszeit bezeichnen.

Beginnen wir unsere Betrachtung mit dem Januar, so ist um diese Zeit die Temperatur des südlichen Africa am größten, die von Asien am kleinsten; die des nördlichen Theiles vom indischen Meere größer als die des Festlandes, aber geringer als die des südlichen Theiles in gleicher Breite. Das Verhältniß der Temperaturen ist jetzt nahe eben so als auf unserm oben fingirten Meere, in beiden Halbkugeln finden wir daher östliche, gegen die Region der größten Wärme gerichtete Winde; es herrscht vom October bis April in der südlichen Halbkugel der eigentliche SO-Passat, nördlich vom Aequator der NO-Passat, welcher hier der NO-Mousson heißt, und zwischen beiden liegt die Region der Calmen. Kehrt die Sonne hierauf nach Norden zurück, so wird die Temperatur über dem Festlande und Meere nahe gleich, in der nördlichen Halbkugel zeigt sich kein allgemeiner Wind, sondern veränderliche Winde, Windstillen und Orcane wechseln um die Zeit des Frühlings-Aequinocciums mit einander ab, während der SO-Passat in dem angegebenen Raume das ganze Jahr hindurch fortdauert. Wird endlich die nördliche Abweichung der

Sonne bedeutender, dann steigt die Temperatur über Asien schneller, als über dem Meere, während sie in Neu-Holland und dem südlichen Africa sinkt. Im Julius und August, wo dieser Wärmeunterschied seinen größten Werth erreicht, finden wir daher in den unteren Luftschichten im nördlichen Theile des Meeres gegen das Land gerichtete Winde. Beachten wir die gegenseitige Lage der beiden großen Ländermassen, deren Temperaturdifferenz am größten ist, und berücksichtigen wir dabei zugleich, daß wegen der mehrfach erwähnten Apendrehung der Erde die vom Aequator nach Norden gehenden Luftmassen nach Osten voraussiehn, so folgt von selbst, daß dieser Luftstrom aus SW kommen müsse. Dieser SW-Mousson herrscht vom April bis October. Während wir also in der südlichen Halbkugel das ganze Jahr hindurch den gewöhnlichen Südostpassat treffen, weht in der nördlichen der Nordostmousson im Winter, der Südwestmousson im Sommer.

Diese Winde erstrecken sich noch weit in die benachbarten Länder hinein, sie werden aber hier, so wie in den einzelnen Theilen des Meeres durch die Configuration der Umgebungen etwas abgeändert. Um zu zeigen, wie die Richtung der Winde in den einzelnen Monaten beschaffen sey, gebe ich hier die Resultate von 83jährigen Beobachtungen, welche Hardwicke zu Dum-Dum in der Nähe von Calcutta anstellte, indem ich die Zahl aller Winde in jedem Monate mit 1 bezeichne.

Monat	N	NO	O	SO	S	SW	W	WS
Januar	0,253	0,152	0,066	0,053	0,057	0,074	0,118	0,283
Februar	0,103	0,122	0,154	0,075	0,075	0,117	0,159	0,196
März	0,046	0,075	0,079	0,176	0,197	0,281	0,079	0,057
April	0,009	0,055	0,029	0,163	0,326	0,284	0,117	0,038
Mai	0,004	0,029	0,091	0,226	0,358	0,309	0,049	0,035
Junius	0	0,030	0,244	0,159	0,197	0,250	0,090	0,030
Julius	0,008	0,020	0,177	0,253	0,198	0,230	0,089	0,020
August	0	0,073	0,238	0,226	0,117	0,246	0,081	0,020
Septbr.	0,021	0,091	0,207	0,263	0,091	0,232	0,071	0,021
Octbr.	0,115	0,115	0,064	0,081	0,075	0,165	0,097	0,294
Novbr.	0,352	0,128	0,021	0,025	0,004	0,029	0,054	0,407
Decbr.	0,295	0,126	0,022	0,010	0	0,014	0,120	0,414
Jahr	0,095	0,079	0,116	0,143	0,141	0,181	0,095	0,150

Im Mittel des Jahres werden die unteren Luftschichten von 1000 in Calcutta wehenden Winden eben so verrückt, als ab

126 Winde aus der Richtung S 26° W kämen. Jedoch hängt diese Richtung, wie die obige Tafel zeigt, von den Jahreszeiten ab. Leiten wir nämlich aus den mitgetheilten Größen die Richtung und das Verhältniß der Winde ab, so findet sich Folgendes:

	Richtung	Stärke	Oestlich zu Westlich	Nordlich zu Südlich
Januar	N 25° W	0,440	1:1,89	1: 0,25
Februar	N 37 W	0,146	1:1,34	1: 0,63
März	S 10 W	0,580	1:1,29	1: 3,48
April	S 17 W	0,609	1:1,95	1:12,88
Mai	S 12 N	0,633	1:0,84	1:11,11
Junius	S 11 N	0,453	1:0,85	1:10,10
Julius	S 12 N	0,518	1:0,75	1:14,29
August	S 25 N	0,425	1:0,64	1: 6,33
September	S 31 N	0,403	1:0,58	1: 4,43
October	N 46 W	0,306	1:2,16	1: 0,42
November	N 19 W	0,708	1:2,82	1: 0,07
December	N 25 W	0,726	1:3,47	1: 0,03

In den Wintermonaten finden wir also ein entschiedenes Uebergewicht nordwestlicher Winde, so daß im December die mittlere Richtung nahe NNW ist, und zwar so, daß 726 von 1000 Winden daher zu kommen scheinen; allmählich aber nimmt dieses Uebergewicht ab, schon im März wehen die Winde häufiger aus Süden als aus Norden, während die westlichen Winde noch immer das Uebergewicht über die östlichen behalten. Jedoch auch dieses verschwindet, wenn späterhin die Sonne höher steigt, und zur Zeit des Sommersolstitiums weht der Wind nahe aus SSW, einer Richtung, welche der im Winter völlig entgegengesetzt ist. Das Uebergewicht dieser Winde nimmt bei der Rückkehr der Sonne nach Süden wieder ab, und geht in das bereits erwähnte im Winter Statt findende über.

Der Einfluß der Sonne auf diesen Wechsel der Winde giebt sich auch durch die Zeit zu erkennen, in welcher die Mouffons an verschiedenen Orten anfangen. So wie nämlich die Sonne erst später in den Scheitel der nördlicher liegenden Orte kommt, so beginnt hier auch der SW später. In Anjengo (8° 30' N) auf

der Küste Malabar zeigt sich dieser Mouffon schon am 12 April; in Bombay (19° N) erst 15 Mai¹⁾, zu dieser Zeit stand die Sonne sehr nahe im Scheitel eines jeden dieser Orte. Eben dieser Mouffon zeigt sich bei Arabien fast einen Monat später als an der Küste von Africa; 15 bis 20 Tage später auf der Küste Coromandel als auf dem nördlichen Theile von Ceylon.

Ich habe in der Kürze das allgemeine Verhalten dieser Winde gezeigt, welche in dem großen Inselmeere im östlichen Theile dieses Beckens vielfach in ihrer Richtung abgeändert werden, ohne daß ich dabei verweilen will, die Erscheinungen näher anzugeben. Für den Schiffer, welcher diese Gegenden mit Sicherheit befahren will, ist die Kenntniß der Winde von der größten Wichtigkeit; Monate hindurch kann man diese Meere mit Leichtigkeit nach einer Richtung durchschiffen, es wird aber eben so schwierig, vielleicht unmöglich, dann den entgegengesetzten Weg zu nehmen. Es scheint, als ob diese Winde bereits im hohen Alterthume den lebhaften Verkehr zwischen Indien und Aegypten begünstigten, indem der östliche Mouffon die Reise nach dem rothen Meere eben so erleichterte, als der westliche die Rückkehr möglich machte. Mit dem Verfall der ägyptischen Macht scheint auch die Kenntniß dieser Winde verloren gegangen zu seyn, wenigstens wußten die Griechen zu Alexanders Zeit wohl wenig davon, denn sonst hätte Nearchus nicht die beschwerliche Küstenfahrt von dem Indus nach dem persischen Meerbusen gemacht.

Winde auf dem mittelländischen Meere.

Ein solcher Wechsel der Winde zeigt sich auch in anderen Gegenden der Erde, und ich habe in meinem Lehrbuche der Meteorologie mehrere Beispiele davon angeführt, doch sind sie nirgends so auffallend als im indischen Meere. Hier genüge es, das Verhalten der Mouffons am mittelländischen Meere zu erwähnen, wo der von den Jahreszeiten abhängige Wechsel bereits den Alten bekannt war, weshalb sie dieselben Etesische Winde nannten, was dieselbe Bedeutung hat, als Mouffons²⁾. Ist

1) Durch einen Druckfehler wird dafür in meinem Lehrbuche der Meteor. I, 198. der 19 April angegeben.
2) Etes, Jahr, Jahreszeit.

eine nähere Kenntniß dieses Verhaltens schon deshalb wichtig, um eine Menge von Stellen in den Alten zu verstehen, so wird ihre Betrachtung um so nöthiger, weil sich daraus manche Eigen- thümlichkeiten des italienischen Klimas ergeben.

Am Südrande dieses Meerbeckens treffen wir die ungeheure Wüste Sahara; ohne Wasser und Vegetation wird ihr mit beweglichen Sandmassen oder größeren Kolliesen bedeckter Boden von der fast senkrecht stehenden Sonne lebhaft erhitzt, während das nördlicher liegende mittelländische Meer weit weniger erwärmt wird. Daher erhebt sich im Sommer über der Sahara die Luft mit großer Schnelligkeit und fließt in den oberen Luftschichten besonders nach Norden, während in der Tiefe nördliche Winde wehen, die sich nicht bloß bei Africa zeigen, sondern sich bis nach Italien und Griechenland erstrecken; auch im nördlichen Theile von Aegypten finden wir in Cairo, Alexandria und andern Orten nach den Zeugnissen der Alten und neuerer Reisender im Sommer fast nur nördliche Winde. Es ist auch eine allen Schiffern bekannte Thatsache, daß die Reise von Europa nach Africa dann viel leichter ist, als die Rückkehr. Im Winter dagegen, wo der lockere Sand die Wärme mit Leichtigkeit ausstrahlt, ist die Luft über der Wüste kälter als über dem Meere, und in Aegypten wehen dann nicht selten schneidend kalte Winde aus Süden, deren Stärke jedoch geringer ist, als die der Nordwinde im Sommer.

Herabsinken des Westwindes der oberen Luftschichten in mittleren Breiten.

Als wir vorher die Passate betrachteten, wurde des westlichen in den oberen Luftschichten wehenden Windes gedacht und seine Existenz durch mehrere Thatsachen erwiesen. So wie sich jedoch diese Luftmassen nach höheren Breiten bewegen, verlieren sie allmählich an Geschwindigkeit und Temperatur, sie sinken in einer Breite von etwa 30 Grad herab, und wir finden daher hier und weiter gegen die Pole in der nördlichen Halbkugel südwestliche Winde. Auf dem Meere namentlich wehen diese Winde mit einer solchen Regelmäßigkeit, daß die Reise von Nordamerica nach Europa weit leichter ist, als die Rückkehr. So gebrauchen die Packetboote im Mittel von 6 Jahren zur Reise von Liverpool nach New-York 40 Tage, dagegen zur Rückkehr nach Europa nur

23 Tage; ein hinreichender Beweis von dem Uebergewicht der westlichen Winde.

Im Sommer erstreckt sich der Nordostpassat im atlantischen Meere weit nördlicher, als im Winter. So haben zwar nach mehrjährigen Beobachtungen von Heineken auf Madera die nördlichen Winde das ganze Jahr hindurch das Uebergewicht, aber dieses ist im Sommer weit größer, so daß die südlichen Winde dann ganz fehlen. Selbst an der portugiesischen Küste zeigt sich dann zuweilen der Passat. So ist nach 4jährigen Beobachtungen in Mastra in Portugal die mittlere Windrichtung im August N 5° O, mit einer solchen Stärke, als wenn von 1000 Winden 836 aus dieser Richtung kämen, während im Winter südliche Winde häufiger wehen. Wie weit sich die Spuren der Passate an der Westküste Europas aber zeigen, läßt sich bis jetzt aus Mangel an Beobachtungen nicht bestimmen.

Die Gegend, in welcher der NO-Passat und der Südwestwind mit einander wechseln, rückt in derselben Jahreszeit bald mehr bald weniger nach Norden; die Räume, in welchen beide sich mit Regelmäßigkeit zeigen, sind durch eine Gegend getrennt, in welcher veränderliche Winde, Windstillen und heftige Windstöße wechseln. Man lese nur die Tagebücher von Reisenden, welche von Europa nach der südlichen Halbkugel gegangen sind, so wird man fast allgemein die Bemerkung finden, daß sie mehrere heftige Gewitter oder Stürme hatten, kurz zuvor sie in die Region des Passates kamen.

Es ist eine allgemeine Bemerkung, daß sich veränderliche Winde oft von großer Heftigkeit nur dann und in solchen Fällen zeigen, wo keine allgemein verbreiteten Winde mit Regelmäßigkeit wehen. So finden wir es in der Region der Calmen, so im indischen Meere zur Zeit, wo die Moussons wechseln, und so auch hier. Es ist dieses eine Bestätigung des allgemeinen Satzes, daß da, wo zwei Ströme neben einander nach verschiedenen Richtungen fließen, die Flüssigkeiten an der Gränze an einigen Stellen ruhen, an andern sich mit großer Schnelligkeit kreisförmig drehen. Man betrachte die Gegend, wo zwei Flüsse in einander münden; in dem Winkel, welche beide einschließen, ist das Wasser jetzt vollkommen ruhig und scheint gar keine Bewegung zu haben, aber plötzlich sieht man, daß es sich mit Schnelligkeit im

Kreise herumdreht, worauf kurze Zeit nachher wieder Ruhe eintritt. So ist es auch hier, wo an dem Boden NO, in der Höhe SW herrscht, an der Gränze beider bilden sich Wirbel, welche sich bis zum Boden herab erstrecken, eine große Stärke zeigen, bis einige Zeit nachher wieder Windstille eintritt.

Mittlere Windverhältniſſe in höheren Breiten.

Der eben erwähnte herabsinkende Luftstrom ist Ursache der vielen südwestlichen Winde, welche wir in der Nähe des Bodens in höheren Breiten antreffen. Ich habe in meinem Lehrbuche der Meteorologie die Zahl, wie oft ein jeder Wind weht, für eine große Anzahl von Orten in Europa und America mitgetheilt; es möge hier genügen, die Mittel dieser Größen für einzelne Länder anzugeben. Bezeichnen wir dann die Zahl aller Winde mit 1 und geben die Häufigkeit der einzelnen Winde durch Decimalbrüche an, so ergibt sich folgende Tafel:

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
England	0,082	0,111	0,099	0,081	0,111	0,225	0,171	0,120
Frankreich und Niederlande	0,126	0,140	0,084	0,076	0,117	0,192	0,155	0,110
Deutschland	0,084	0,098	0,119	0,087	0,097	0,185	0,198	0,131
Dänemark	0,065	0,098	0,100	0,129	0,092	0,198	0,161	0,156
Schweden	0,102	0,104	0,080	0,110	0,128	0,210	0,159	0,106
Rußland und Ungarn	0,099	0,191	0,081	0,130	0,098	0,143	0,166	0,192
Nordamerica	0,096	0,116	0,049	0,108	0,123	0,197	0,101	0,210

Betrachten wir die in obiger Tafel enthaltenen Größen, so fällt das Uebergewicht der südwestlichen Winde in die Augen; denn in jedem dieser Länder liegt derjenige Wind, welcher am häufigsten vorgekommen ist, auf der westlichen Seite des Horizontes. Leiten wir aus diesen Angaben die allgemeinen Resultate auf die früher erwähnte Weise her, so ergibt sich Folgendes:

	Richtung	Stärke	Deſſelch zu Weſtlich	Nördlich zu Südlich
England	S 66° W	0,198	1:1,77	1:1,33
Frankreich	S 88 W	0,133	1:1,52	1:1,03
Deutschland	S 76 W	0,177	1:1,69	1:1,18
Dänemark	S 62 W	0,170	1:1,54	1:1,31
Schweden	S 50 W	0,200	1:1,61	1:1,44
Rußland	N 87 W	0,167	1:1,66	1:0,97
Nordamerica	S 86 W	0,182	1:1,86	1:1,01

So finden wir allenthalben nicht bloß ein Uebergewicht der westlichen Winde über die östlichen, sondern auch die mittlere Windrichtung kommt aus einem Punkte, welcher zwischen Süden und Westen liegt, mit einer solchen Stärke, daß von 1000 Winden etwa 175 aus dieser Gegend zu wehen scheinen. Nur im Innern von Rußland liegt die mittlere Windrichtung etwas nördlich von Westen, jedoch war es mir hier nicht möglich, Aufzeichnungen von einer hinreichenden Anzahl von Orten zu benutzen, auch beträgt der Unterschied zwischen den hier und in Frankreich gefundenen mittleren Windrichtungen nur wenige Grade. Daß dieser Uebergang seinen Grund nicht etwa in der Entfernung von dem westlich liegenden Meere habe, geht daraus hervor, daß in Toskana zufolge 12jähriger Beobachtungen die mittlere Windrichtung S 67° W ist, also mit dem Verhältnisse in England nahe übereinstimmt. Und ähnliche Geseze als in Europa finden wir auch in Nordamerica wieder, so daß wir unseren bisherigen Erfahrungen zufolge den oben aufgestellten Satz über das Vorherrschen südwestlicher Winde in der nördlichen Halbkugel als allgemein ansehen können.

Häufigkeit nordöstlicher Winde.

Wenn wir dasjenige nochmals ins Auge fassen, was früher über die Entstehung der Passate gesagt wurde, so müßten wir auch in unseren Breiten regelmäßige Nordostwinde erwarten, da die Temperatur der nördlich von uns liegenden Gegenden ebenfalls kleiner ist, als an unserem Wohnorte. Diese Nordostwinde werden dadurch aufgehoben, daß die vom Aequator kommenden Westwinde gegen den Boden sinken; dieser herabsinkende Strom mag vielleicht mit der Annäherung an den Pol an Stärke abnehmen, und mehrere Schiffer sprechen auch davon, daß sie auf den Polarmeeren in hohen Breiten wieder östliche Winde angetroffen haben, wie dieses namentlich J. K. Förster hervorhebt; da jedoch diese Verhältnisse wenig bekannt sind, so wollen wir nicht dabei verweilen, sondern die Erscheinungen in unseren Gegenden näher betrachten.

Hat gleich der herabsinkende Westwind eine sehr bedeutende Stärke, so vermag er doch nicht die nordöstliche Strömung der Luft ganz aufzuheben; ohnehin muß ja die Luft, welche von dem

Aequator zu unseren Gegenden kommt, auf irgend eine Art dahin zurückkehren, weil sonst zwischen den Wendekreisen im Laufe der Zeiten die Atmosphäre gänzlich verschwinden würde. Betrachten wir nun die in obiger Tafel gegebenen Größen über die Häufigkeit der einzelnen Winde genauer, so erkennen wir, daß die den letzteren entsprechenden Zahlen von SW und W bis N kleiner werden, darauf wieder wachsen, so daß bei NO ein zweites Maximum Statt findet, worauf die Zahlen bis S wieder abnehmen. Wir überzeugen uns also, daß nordöstliche und südwestliche Winde in mittleren Breiten am meisten vorherrschen. Ob aber einer dieser Winde z. B. SW über den beiden großen Meeren mit Regelmäßigkeit wehe, während gleichzeitig im Inneren der beiden Festländer Nordostwinde wehen, wie dieses namentlich von Dove angenommen worden ist, läßt sich aus Mangel an gleichzeitigen Beobachtungen nicht entscheiden. Wäre diese Ansicht richtig, so würden wir darin auch die Antwort auf die Frage, wie die Luftmassen nach dem Aequator zurückkehren, finden.

Veränderlichkeit der Winde in unseren Gegenden.

Wir haben bis jetzt die Entstehung zweier Windrichtungen, der südwestlichen und nordöstlichen, aus großartigen über die ganze Erde wirkenden Ursachen hergeleitet, und es liefern uns diese Thatsachen bereits eine auffallende Bestätigung der in der Einleitung aufgestellten Behauptung, daß keine Erscheinung in der Atmosphäre isolirt stehe, sondern daß wir stets das Ganze vor Augen behalten müssen. Außer diesen beiden Winden finden wir jedoch in den Tagebüchern auch noch andere Richtungen erwähnt, und wenn gleich diese seltener sind, so müssen wir uns doch bemühen, die Entstehungsart derselben nachzuweisen.

Besitzt man gleichzeitige meteorologische Beobachtungen von vielen Orten in einem großen Theile von Europa, so erkennt man nicht selten, daß Temperaturdifferenzen Ursache der einzelnen Winde sind. Gesezt, es habe im Allgemeinen der Südwestwind das Uebergewicht, aber der westliche Theil Europas sey sehr warm, während im Osten die Temperatur etwa bei bewölktem Himmel niedrig ist. Sogleich wird ein Ostwind die Folge dieser

Differenz seyn; da wo dieser Wind mit dem Südwestwinde zusammentrifft, entsteht eine aus beiden Richtungen zusammengesetzte südöstliche Luftströmung; diese mit SW zusammengesetzt, giebt einen reinen Südwind, und so vermögen wir in diesem Falle das Entstehen fast aller Winde aus der Temperaturdifferenz verschiedener Gegenden herzuleiten. Hätte weder NO noch SW im Allgemeinen das Uebergewicht, zeichnete sich aber ein Land durch große Wärme vor allen Umgebungen aus, so würde von allen Seiten die Luft dahin fließen, und je nachdem der Beobachtungsort im Norden, Osten, Süden oder Westen dieses warmen Landes läge, hätten wir N, O, S oder W: Wind.

In vielen Fällen wird der Vorgang wahrscheinlich so seyn, wie er hier angegeben wurde; um jedoch dieses in einzelnen Fällen näher nachzuweisen, würden Beobachtungen von sehr vielen Orten in einem großen Raume erforderlich seyn. Auf eine andere einfache und sinnreiche Weise hat Dove die Entstehung der übrigen Windrichtungen aus den ursprünglichen SW- und NO- Winden hergeleitet. Gesezt nämlich, es wehen in einiger Entfernung NO und SW mit großer Regelmäßigkeit, ersterer in b, letzterer in a (Taf. II. Fig. 2.), so werden sich beide irgendwo, etwa in cd, berühren. In dieser Gränze aber entstehen nothwendig Wirbel in der Richtung der auf der Peripherie des Kreises gezeichneten Pfeile, welche sich von dieser Gränze ausbreitend noch tief in den Raum dringen, wo jeder Wind anfänglich regelmäßig wehte. Gehen wir von der Mitte des südwestlichen Stromes a nach b, so finden wir, daß im nördlichen Theile die Drehung des Windes in dem Sinne SW, W, NW, in dem südlichen Theile in dem Sinne NO, O, SO erfolgt. Befände sich nun östlich von dem nordöstlichen Strome bei b ein zweiter südwestlicher bei c, so würden wir hier auch Wirbel finden, die sich in der Richtung NO, N, NW u. s. w., also in entgegengesetzter Richtung drehen.

Aus dieser Ansicht leitet Dove nicht blos die Entstehung der übrigen Winde her, sondern er zeigt auch zugleich, daß sie nach einer gewissen Ordnung auf einander folgen müssen. Wenn nämlich die Gränze, welche die beiden ursprünglichen Winde von einander trennt, allmählich weiter nach Westen rückt, so ändert sich die Windrichtung an demselben Orte. In mittleren Breiten, wo auf dem atlantischen Meere der herabsinkende SW weniger

durch die Unebenheiten des Bodens aufgehalten wird, weht er westlich von einem in Europa befindlichen Beobachter, während im Innern des Continentes der NO ziemlich rein erscheint. Dreisetzt sich letzterer allmählich aus, was in der Regel geschieht, da die nach den Polargegenden gekommene Luft nach dem Aequator zurückkehren muß, rückt also die Gränze beider Luftströme nach Westen und befand sich der Beobachter anfänglich ziemlich in der Mitte des SW Stromes, so geht die Richtung allmählich von SW nach W, NW und N, bis sich der Beobachter in der Mitte des NO befindet, und dieser zeigt sich nun in großer Reinheit. Es ist also der Vorgang genau derselbe, als ob man von f nach g (Fig 2.) gegangen wäre. Aber allmählich tritt nun der SW in den oberen Regionen der Atmosphäre ein, es entstehen hier Wirbel, Wolken kommen namentlich aus W und SW, während die Windfahnen in der Tiefe NO oder noch häufiger N angeben. Indem dieser SW sich immer tiefer senkt und den NO ins Innere des Landes zurückdrängt, geht der Wind allmählich nach S, bis endlich der SW das Uebergewicht erhält. Begreiflich aber ist es, daß bei diesen Uebergängen der Wind viele Sprünge machen und in kurzer Zeit aus verschiedenen Richtungen wehen wird, zumal wenn die beiden ursprünglichen Ströme eine bedeutende Stärke besitzen. Es kann dann geschehen, daß der Wind sich nicht dem gewöhnlichen Gesetze zufolge allmählich durch W nach N bewegt, sondern öfter zurückspringt. Die an der Gränze der Ströme entstehenden Wirbel müssen nämlich nothwendig mit jenen forttricken und können daher nur selten vollständig an einem Orte beobachtet werden. Das Fortfließen des Wirbels und die Folge eines neuen wird sich also darstellen als ein Zurückspringen des Windes, was desto häufiger geschieht, je größer die Geschwindigkeit ist.

So sehen wir also, daß der Wind sich allmählich von N durch S nach W, oder mit der Sonne drehen müsse, wofern die Erscheinungen mit einiger Regelmäßigkeit erfolgen. Dove hat eine große Menge von Nachrichten aus der nördlichen und südlichen, der östlichen und westlichen Halbkugel gesammelt, und die meisten dieser Beobachter erwähnen, daß der Wind sich bei seiner allmählichen Aenderung weit häufiger von N durch S nach

W oder in der südlichen Halbkugel von N durch N nach W drehe, als in entgegengesetzter Richtung.

Dieser Streit zwischen dem NO und SW Winde, dessen Verlauf schon an sich interessant ist, wird uns noch besonders dadurch wichtig, daß sich die meisten Aenderungen in der Witterung daraus ableiten lassen, ja der Charakter ganzer Jahreszeiten und Jahre wird durch das Uebergewicht des einen oder des andern von ihnen bestimmt. Wir werden in der Folge mehrmals auf diesen Gegenstand zurückkommen, hier möge es genügen, die Thatsache angedeutet und auf die Verschiedenheit des kalten und trockenen NO, des warmen und feuchten SW aufmerksam gemacht zu haben.

Einfluß der Jahreszeiten auf die Winde.

Bisher habe ich die Windrichtung in höheren Breiten nur im Mittel des Jahres betrachtet. Wenn wir jedoch erwägen, daß das Festland im Sommer wärmer, im Winter kälter ist, als das benachbarte Meer, so haben in jener Zeit die Seewinde, in dieser die Landwinde ein Uebergewicht. Dieses zeigt sich besonders schön an der Ostküste von Nordamerica. Hier erwähnt schon Franklin, daß im Sommer die Winde häufiger aus Süden, im Winter mehr aus Norden wehen, was auch die späteren Beobachtungen bestätigt haben. Diese Nordwinde zeigen sich sehr häufig im mexicanischen Meerbusen mit großer Stärke und stören im Winter die Schifffahrt.

Eine ähnliche, wenn gleich weniger deutlich auffallende Abhängigkeit der Winde von den Jahreszeiten zeigt sich auch in Europa. So ist die mittlere Windrichtung in Paris im Winter $S 48^{\circ} W$, im Sommer $N 88^{\circ} W$, es kommt also die Luft dann mehr aus dem kälteren in NW liegenden Meere. Und eben dieses bestätigen die Beobachtungen an einer großen Menge von Orten in Europa. Als Resultat dieser Untersuchungen giebt Schouw die folgenden Gesetze für die einzelnen Jahreszeiten.

Im Winter ist die Luftströmung meistens südlicher als im Durchschnitt des Jahres; ihre Stärke ist im Januar oder Februar am größten.

Im Frühlinge, an manchen Orten im März, an andern im April, erheben sich häufig Ostwinde, welche die Stärke

der westlichen Luftströmung sehr vermindern, so daß diese an allen Orten weit geringer ist, als im Durchschnitte des Jahres; das Verhältniß der nördlichen Winde zu den südlichen ist wenig bestimmt, an einigen Orten ist es größer, an andern geringer, als im jährlichen Durchschnitte, so daß die mittlere Windrichtung im Frühlinge bald nördlich, bald südlich von der jährlichen liegt.

Im Sommer, namentlich im Julius, wehen die Winde vorzugsweise aus Westen, ihr Uebergewicht über die östlichen erreicht dann seinen größten Werth, zugleich werden die nördlichen Winde häufiger, so daß die Luftströmung in dieser Jahreszeit nördlich von der mittleren liegt.

Im Herbst wird das Uebergewicht der westlichen Winde kleiner, dagegen nehmen die südlichen Winde, namentlich im October, sehr schnell zu, dergestalt, daß an vielen Orten die Luftströmung näher an Süden liegt, als in irgend einem andern Monate.

Ausbreitungsart der Winde.

Noch müssen wir hier eine Frage berühren, welche sehr häufig aufgeworfen ist, ohne daß sie bisher so beantwortet ist, daß man in jedem speciellen Falle die Wahrheit anzugeben vermag. Wo nämlich zeigt sich ein Wind zuerst, in derjenigen Gegend, aus welcher er kommt, oder da, wohin er geht? erscheint also z. B. ein Ostwind zuerst in den östlichen oder westlichen Gegenden? Ich glaube, daß sich über diesen Gegenstand gar nichts Allgemeines bestimmen läßt; mir wenigstens scheint es nicht unwahrscheinlich, daß der Wind an einem Orte beginne, welcher in der Mitte der Region liegt, in welcher er sich zeigt, und daß er sich von hier aus rückwärts und vorwärts ausbreite. Die Land- und Seewinde, bei denen wir den Vorgang mit Leichtigkeit beobachten können, liefern uns eine Bestätigung des eben Gesagten. Der Seewind nämlich zeigt sich zuerst nur an der Küste, erst nach mehreren Stunden zeigt er sich tiefer im Lande und auf dem Meere. Auf dieselbe Art kann es geschehen, daß ein Ostwind zuerst in Deutschland und später in Holland und Rußland erscheint.

Gewöhnlich wird mit Franklin angenommen, daß die Winde sich früher in denjenigen Gegenden zeigen, nach welchen sie gehen, als in denen, aus welchen sie kommen, und er führt eine Erfahrung an, welche dieses beweist. Ein heftiger NO Wind zeigte sich gegen 7 Uhr Abends in Philadelphia und verhinderte die Beobachtung einer Mondfinsterniß; dieser Sturm, welcher auch in dem nordöstlich davon gelegenen Boston gewüthet hatte, begann hier erst um 11 Uhr. Eben so wurde ein heftiger Sturm aus SW, welcher am 12. Junius 1829 in den vereinigten Staaten wüthete, früher in Albany, als in dem südlich davon liegenden New-York beobachtet. Jedoch zeigen sich auch nicht selten Ausnahmen von dieser Regel, ja selbst bei heftigen und weit verbreiteten Stürmen ist dieses nicht selten der Fall, so daß wir dabei nicht an locale Störungen denken können. Der heftige SW Sturm vom 29. November 1836, in vielen Gegenden seit langer Zeit der heftigste, erschien in London um 10 Uhr Morgens, im Haag um 1 Uhr, in Amsterdam um 1½ Uhr, in Embsen um 4 Uhr, in Hamburg um 6 Uhr, in Lübeck, Fleckebe und Salzwedel um 7 Uhr und in Stettin um 9½ Uhr Abends. Er bewegte sich also in der Richtung, nach welcher er ging, dergestalt, daß er von London bis Stettin nahe 10 Stunden gebrauchte. Nach den Bestimmungen an allen diesen Orten bewegte sich der Wind sehr nahe mit einer Geschwindigkeit von 17 Meilen in der Stunde oder von 112 Fuß in der Secunde.

Physische Eigenschaften mancher Winde.

Wenn Winde aus entfernten Gegenden zu uns gelangen, so besitzen sie einen Theil der Eigenschaften, welche das Klima dieser Gegenden charakterisiren. So sind die zu uns kommenden Westwinde weit feuchter als die aus dem trockenen Continente wehenden Ostwinde. Letztere, zumal wenn sie aus NO mit einiger Stärke wehen, zeichnen sich im Frühlinge besonders durch schneidende Kälte aus und geben dadurch Veranlassung zu der Entstehung vieler rheumatischen Krankheiten. Dieser Gegensatz in den Empfindungen, die durch heftige Süd- oder Nordwinde erzeugt werden, muß noch weit mehr in solchen Gegenden auffallen, wo die Menschen mehr im Freien leben, als es in Deutschland der Fall ist, und ich würde dieses Gegenstandes kaum ge-

dacht haben, wären die kalten oder heißen Winde in manchen Gegenden nicht durch eigenthümliche Benennungen charakterisirt worden, und bediente man sich dann dieser Ausdrücke nicht, um damit überhaupt etwas Unangenehmes zu bezeichnen.

So sind im südlichen Europa die nördlichen Winde besonders wegen ihrer Heftigkeit und Kälte ausgezeichnet. Nicht bloß das im Süden befindliche wärmere Meer, sondern auch die beschneiten Gipfel der Alpen geben Veranlassung zu lebhaften Luftströmen aus dieser Richtung; weht dann vielleicht noch zugleich ein weit verbreiteter Nordwind, so gewinnen diese Ströme sehr an Stärke. In Dalmatien und Istrien weht dieser Wind, welcher dort *Bora* heißt, öfter mit solcher Heftigkeit, daß Pferde und Lastwagen umgeworfen werden. Eben dieses zeigt sich im unteren Rhonethal, wo ein südlicher kalter Wind besonders im Frühlinge weht, welcher *Mistral* heißt und hier eben so gefürchtet wird, als der aus Norden kommende *Galego* in einigen Provinzen von Spanien.

Heiße Winde.

Die großen Wüsten und wenig mit Vegetation bedeckten Ebenen der Erde zeichnen sich durch ungewöhnlich heiße Winde aus, und es sind uns von diesen gar wunderbare Nachrichten erzählt worden, die zu Hypothesen über das Wesen und die Entstehung dieser Winde Veranlassung gegeben haben, welche noch bei weitem merkwürdiger waren. Betrachten wir zunächst das Local und unsere früheren Kenntnisse von der geographischen Beschaffenheit dieser Gegenden, so wird sich daraus ein Theil des Wunderbaren ergeben. Es sind die weit ausgedehnten Wüsten von Asien und Africa, in denen diese Winde sich zeigen; nur an wenigen Stellen finden wir eine geringe Vegetation, die in den schmalen Thälern etwas reichlicher ist, die zuweilen von Regen angefeuchtet werden, jedoch eignen sich auch diese Gegenden nicht zum Ackerbau, sondern Nomaden durchziehen mit ihren Heerden diese Regionen. Nur in den größeren Flußthälern, wie am Nil, Euphrat und Tigris leben Ackerbauer und hier befanden sich an günstig gelegenen Punkten seit dem Alterthume mehr oder minder wichtige Handelsorte, zwischen denen jedoch nur eine Verbindung durch die Wüste möglich war.

Bittere Feindschaft herrschte von jeher zwischen dem Bewohner der Städte und dem Nomaden. Letzterer, welcher nur mit Mühe sein Leben fristete, sah mit Neid wie der Städtebewohner Schätze auf Schätze häufte und dabei seiner Ansicht nach ein ruhiges Leben führte; war der Kaufmann genöthigt, Handelsreisen durch die Wüste zu machen, so bedurfte er des Beduinen als eines Führers, und dieser ließ sich dafür bedeutende Summen bezahlen; zu andern Zeiten überfiel er die Städte, plünderte sie und schleppte die Bewohner fort, entweder um sie in der Ferne als Sklaven zu verkaufen oder ein bedeutendes Lösegeld zu erhalten. So wurde Joseph als Sklave verkauft, so stahlen die nomadischen Juden bei ihrem Auszuge den Aegyptern ihre goldenen und silbernen Gefäße, und deshalb waren die Hirten den Aegyptern zu Moses Zeiten ein Gräuel. Der Städter sah daher die Wüste nur als einen Schauplatz alles Fürchterlichen an; mochten davon noch so wunderbare Dinge erzählt werden, er glaubte sie, gerade so wie die Orientalen noch jetzt die lächerlichsten Vorstellungen von Europa haben. Der Glaube der Städter an solche Thatfachen gewährte dem Beduinen eine Art von Schutz, und kam er etwa in die Städte, so bekräftigte er diesen Glauben, welcher sich vom Vater auf den Sohn vererbte. Nur die wenigen Kaufleute, welche die Reisen gemacht hatten, kannten die Wahrheit; aber groß war ihr Gewinn, eifersüchtig suchten sie jeden von solchen Reisen abzuhalten, und daher bekräftigten sie nur die unrichtigen Ansichten des übrigen Volkes.

Orientalische Schriftsteller haben uns daher eine Menge von Unwahrheiten über die Natur der Wüste mitgetheilt; noch mehr aber gilt dieses von europäischen Reisenden. Nicht bloß hörten sie diese Erzählungen unverändert aus dem Munde des Volkes, sondern ihnen, als verhassten Ungläubigen, wurde noch mehr zugelegt, sie selbst aber verhindert, die Reise in die Wüste zu machen, oder wofern dieses geschah, so erlebten sie von allen diesen Wundern nichts. Erst in den letzten Jahrzehenden sind unsere Ansichten berichtigt worden, nicht bloß haben wir die Beschreibung mehrerer Reisen von zuverlässigen Beobachtern, sondern diese haben auch die Wahrheit von den Beduinen gehört. Unter ihnen zeichnet sich besonders der treffliche Ludwig Burckhardt von Basel aus, welcher bei seinem mehrjährigen Aufent-

halte in der Wüste die Natur dieser kennen lernte und uns zuerst richtigere Ansichten über die heißen Winde mittheilte; und darnach muß das berichtigt werden, welches *Beauchamp*, *Bruce*, *Niebuhr* und ältere Reisende uns erzählt haben.

In Arabien, Persien und den meisten Gegenden des Orients heißt dieser heiße Wind *Samum*, *Simum*, *Semum*, von dem arabischen *Samma*, welches sowohl giftig seyn, als heiß seyn bedeutet. Zuweilen heißt der Wind *Samiel*, welches ebenfalls heißer oder giftiger Wind bedeutet. In Aegypten heißt er *Chamsin*, fünfzig, weil er vorzugsweise während einer Zeit von 50 Tagen, etwa vom Ende Aprils bis zum Anfange der Nilchwelle im Junius, weht. Im westlichen Theile der Sahara heißt der Wind *Harmattan*. Von den verschiedenen Benennungen dieses Windes ist *Samum* die gewöhnlichste, aber merkwürdig ist es dabei, daß man sich hier stets an die Bedeutung giftiger Wind gehalten hat, ohne die zweite Bedeutung heißer Wind auch nur einigermaßen zu berücksichtigen, da es ja doch wohl mehr als wahrscheinlich ist, daß Völker, welche, um uns an die strenge Bedeutung zu halten, keine genaueren Untersuchungen über das Wesen der Gifte angestellt haben, alles Unangenehme eben so wie unsere Kinder mit dem Namen Gift bezeichnen.

Der vegetationsleere Boden jener Gegenden wird von der fast senkrecht stehenden Sonne ungemein stark erhitzt, um so mehr, da der Quarzsand, womit die Wüste bedeckt ist, ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, so daß die Hitze der obersten Schichten nur bis zu geringer Tiefe eindringt. Daher steigt nicht selten das Thermometer im Schatten des Zeltes fast bis zu 50°. Erhebt sich dann ein Wind, so muß dieser eine bedeutende Hitze besitzen und von dem lockeren Boden viel Sand und Staub erheben, wodurch die Atmosphäre verdunkelt wird. Nach den Berichten von Augenzeugen ist dieses eben so der Fall in der nubischen Wüste, als in Aegypten und bei Tor am rothen Meere, an der Küste von Guinea und am Senegal. Bei windstillem Wetter kann selbst das Aufsteigen der erhitzten Luftmassen den Staub bis zu einiger Höhe erheben. Ein interessantes Phänomen dieser Art bemerkte *Pottinger* in der Wüste Beludschistan. Die Oberfläche derselben besteht aus einem feinen, von Eisentheilen rothgefärbten

Sande, welcher, ein Spiel der Winde, wellenförmig zu Hügeln von 10 bis 20 Fuß angehäuft ist. Um Mittag schienen alle diese Wellen verschwunden, der Sand war etwa einen Fuß hoch über das allgemeine Niveau erhoben, und man schien bei jedem Schritte auf eine Ebene zu steigen, welche einen Fuß über der Spitze dieser Sandhügel lag. Bei vollkommenen Windstillen war diese Erscheinung am Morgen und Abend selten.

Bei windigem Wetter ist die Menge von Sand, welche auf diese Art in die Höhe gehoben wird, noch bedeutender. Naht sich daher ein solcher Windstoß, so erscheint der Horizont schon vor seiner Ankunft dunkel und dieses ist der sicherste Vorbote des *Samum*. Ist er endlich angekommen, so ist die Heiterkeit des Himmels verschwunden, die Sonne hat ihren Glanz verloren, blasser als der Mond wirft sie keinen Schatten mehr, das Grün der Bäume erscheint als schmutziges Blau, die Vögel werden unruhig und die Thiere auf dem Felde irren rastlos umher.

Bei der Hitze und Trockenheit dieses Windes erfolgt eine schnelle Verdunstung. Der Schweiß verschwindet schnell von der Oberfläche des Körpers, der Gaumen wird trocken, die Respiration schwieriger, und man sieht sich genöthigt, öfter zu trinken. Dadurch wird der *Samum* für die Reisenden in der Wüste so gefährlich, denn das in den porösen ledernen Schläuchen enthaltene Wasser verdunstet eben so schnell und bald zeigt sich ein großer Mangel an letzterem, wenn nicht in der Nähe befindliche Brunnen es verstaten, einen neuen Vorrath mitzunehmen. Dadurch, aber nur durch diese Wirkung des *Samum* ist manche Caravane zu Grunde gegangen, und seit dem unglücklichen Zuge des *Cambyses* von Aegypten nach der Dase haben wir mehrere Beispiele dieser Art kennen gelernt. Die meisten älteren Nachrichten leiten dieses von schädlichen, schwefeligen oder anderweitigen Beimischungen des Windes her, sie sagen, Menschen und Thiere werfen sich an die Erde, bedecken ihr Gesicht mit Tüchern, und der auf schmalen Räumen stoßweise wirkende Wind gehe oft nach Art einer Kanonenkugel mitten durch eine Caravane, es werde nämlich ein Mensch augenblicklich getödtet, während seine Nachbarn auf beiden Seiten völlig gesund bleiben.

Erzählungen dieser Art müssen zu den orientalischen Märchen gerechnet werden. Der viel erfahrene und umsichtige *Burck-*

hardt leugnet ihre Wahrheit geradezu. Wenn die Araber ihr Gesicht alsdann mit Luchern bedecken, so geschieht es nur deshalb, daß ihnen der Sand nicht in die Augen, Nase und Mund dringe, ja im Innern von Africa, wie in Bornu, binden sich die Bewohner deshalb stets ein Tuch locker um den Mund; aus demselben Grunde knien die Menschen neben den Kameelen nieder. Selbst diese Thiere wenden ihren Kopf abwärts von der Gegend, aus welcher der Wind kommt, nicht etwa weil ihnen die Hitze übermäßig lästig wäre, oder weil der Wind eine schädliche Beimischung enthielte, sondern um ihre großen hervorstehenden Augen vor dem Sande zu schützen; denn sie thaten dieses nach den vielfältigen Erfahrungen von Burckhardt stets nur dann, wenn ein Wirbelwind Sand in die Höhe hob, nie aber, wenn bei sehr heißer Luft kein Staub in der Atmosphäre sichtbar war. „Als ich, fährt er fort, im Junius 1813 von Siout nach Esne reiste, so überfiel mich auf der Ebene zwischen Farschiout und Verdys ein heftiger Samum; ich war ganz allein und ritt auf einem leichtfüßigen Dromedar. Als der Wind sich erhob, war weder Baum noch Haus zu sehen; während ich mich bemühte, mein Gesicht mit einem Tuche zu bedecken, wurde mein Thier unruhig, als ihm so viel Sand in die Augen getrieben wurde; bei dem Säusen des Windes fing es an zu galoppiren, ich verlor die Zügel, fiel auf die Erde, und da ich nicht im Stande war, 10 Ellen weit zu sehen, blieb ich liegen und wickelte mich in meine Kleider, bis der Wind vorbei war. Ich verfolgte jetzt mein Dromedar, welches in bedeutender Entfernung ruhig hinter einem Strauche stand, der seine Augen vor dem Sande schützte.“ So oft auch Burckhardt der Wuth dieses Windes ausgesetzt war, so fühlte er doch keine besondere Beschwerde von demselben, und eben dieses bemerkten Malcolm und Morier von Persien, so wie Ker Porter von der westlich vom Euphrat liegenden Wüste. Hier beschmiereten die Hirten zur Zeit seiner Heftigkeit ihren Körper mit Schlamm, um ein Aufspringen der trockenen Haut zu verhindern, gerade so wie die Bewohner des westlichen Africa sich beim Harmattan mit Fett einreiben.

Obgleich die Wüsten von Asien und Africa diejenigen Gegenden der Erde sind, in welchen wir diese heißen Winde in ihrer größten Stärke antreffen, so kennen wir doch auch in andern

Ländern ähnliche Erscheinungen. Selbst in Hindostan, welches im Allgemeinen eine reichliche Vegetation hat, zeichnen sich die Luftströme zuweilen durch große Hitze aus. Eben dieses gilt von einigen Gegenden von Louisiana und Chili, so wie den großen Ebenen (Llanos) am Orinoco. Fast alle etwas heftigen Landwinde, welche von irgend einem Küstenstriche Neu-Hollands gegen das Meer wehen, werden durch Hitze und Trockenheit charakterisirt. Herrscht in Paramatta der NW einige Zeit, so verdorren in kurzer Zeit die Pflanzen, und manche Culturversuche der Engländer sind dadurch vereitelt worden. Auch in Europa giebt es manche Gegenden, welche sich durch heiße Winde auszeichnen, so ist in Spanien der Solano und in Italien der Sirocco berüchtigt, von denen der letztere eine große Mättigkeit erzeugt, ohne daß er ansteckende Krankheiten verursacht. Wahrscheinlich entstehen diese Winde auf den Ebenen von Andalusien und den trockenen Felsen von Sicilien, wenigstens ist er im nördlichen Theile dieser Insel weit heftiger als auf der Südküste, und wir sind daher nicht genöthigt, diesen Wind aus den Wüsten Africa's herzuleiten.

Dritter Abschnitt.

Von den wässrigen Meteor.

Betrachten wir den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre, so finden wir schon durch eine Menge alltäglicher Beobachtungen und ohne Anwendung von Instrumenten große Verschiedenheiten, bald stürzt Wasser mit Gewalt und Heftigkeit aus der Atmosphäre, wie bei Gewitterregen, bald wird es langsam und unmerklich gebildet, wie beim Thau und Reif, während zu andern Zeiten die Luft im hohen Grade trocken ist, so daß Hölzer sich werfen und Wasser in offenen Gefäßen mit Schnelligkeit verdunstet. Alle Erscheinungen, welche sich auf den verschiedenen Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre beziehen, wollen wir mit dem Namen Hydrometeore, bezeichnen, ein Ausdruck, welcher vom griechischen *ὕδωρ*, Wasser, abgeleitet ist und also wässrige Meteore bedeutet.

Allgemeine Bemerkungen über Gase und Dämpfe.

Wenn wir den Vorgang in den erwähnten Fällen genauer betrachten, so finden wir, daß Wasser in einen luftartigen Körper übergeht, dessen Raum vielfach größer ist, als derjenige, welchen es früher einnahm, oder daß letzterer umgekehrt wieder in Wasser verwandelt wird. So erkennen wir das Wasser in zwei verschiedenen Aggregatzuständen, welche das mit einander gemein haben, daß die kleinsten Theile in keinem Zusammenhange stehen und daß sich das Ganze leicht trennen läßt, während wir bei festen Körpern eine sehr bedeutende Kraft anwenden müssen, um eine solche Trennung zu bewirken. Während jedoch

beim Wasser noch ein geringer Zusammenhang zwischen den Theilen Statt findet und die diesen Zusammenhang bewirkende Anziehungskraft kleine sich selbst überlassene Massen nöthigt, die Gestalt von Kugeln anzunehmen, fehlt bei luftartigen Körpern, welche wir im Allgemeinen Gase nennen, nicht nur dieser Zusammenhang, sondern wir finden sogar ein Streben der Theile sich von einander zu entfernen, so daß wir ihnen eine bedeutende Abstoßungskraft beilegen müssen. Daher vermögen wir ein Gefäß nur zum Theil mit Wasser zu füllen, weil die kleinsten Theile einen gewissen Abstand von einander haben und wir sehr bedeutende Kräfte anwenden müssen, wofür wir die Theilchen einander nur wenig nähern oder von einander entfernen wollen. Ganz anders ist es mit den Gasen. Die Theile suchen sich von einander zu entfernen und eine noch so kleine Luftmenge vermag daher ein großes Gefäß ganz auszufüllen. Setzt man den Recipienten auf die Luftpumpe und verdünnt die Luft noch so sehr, so ist doch in jedem Theile des Recipienten stets Luft vorhanden; daß sich die Luft hier ausdehnt, geht aus dem folgenden einfachen Versuche hervor. Legen wir eine schlaffe, fest zugebundene Blase unter den erwähnten Recipienten, so dehnt sich diese mit Schnelligkeit aus, wenn die Luft verdünnt wird, fällt aber so gleich zusammen, wenn wir auf's Neue Luft eintreten lassen. Im Anfange des Versuches suchen sich die Lufttheilchen in ihrem natürlichen Zustande unter dem Recipienten von einander zu entfernen und in Folge ihrer gegenseitigen Abstoßungskraft würden sie die Blase ganz zusammendrücken, wenn die in dieser eingeschlossene Masse nicht einen Widerstand entgegensezte; im Zustande des Gleichgewichtes nimmt letztere einen bestimmten, von dem äußeren Drucke abhängigen Raum ein; so wie bei Verdünnung der Luft dieser äußere Druck geringer wird, vermag die in der Blase enthaltene Masse sich auszudehnen, so lange bis sie dieselbe Dichtigkeit hat, als die äußere.

Selbst ohne künstliche Apparate kann man die Ausbreitung der Gase dann bemerken, wenn diese sich durch einen starken Geruch auszeichnen. Man nehme z. B. eine geringe Menge von Schwefelleber und gieße darüber etwas verdünnte Schwefelsäure, so entwickelt sich daraus eine Luftart, welche stark nach faulen Eiern riecht. Haben wir so geringe Mengen genommen, daß

sich nur einige Kubikzoll dieser Luft entwickeln, zeigt sich doch der Geruch an jeder Stelle eines großen Zimmers. Ganz dasselbe gilt, wenn wir einen Tropfen Schwefeläther verdunsten lassen, auch hier erkennen wir den Geruch sehr weit, und genauere chemische Untersuchungen zeigen, daß dieses von allen Gasen gilt.

In Folge dieser abstoßenden Kraft zwischen den einzelnen Theilchen würde sich die Luft wahrscheinlich fast ganz von der Erde entfernt haben und diese ohne Atmosphäre durch den Weltraum eilen, wenn die Luft nicht zugleich von der Erde angezogen würde. Diese Anziehungskraft verhindert die Entweichung der Luft auf dieselbe Art, als die äußere Masse die unbestimmte Ausdehnung der Blase unter dem Recipienten der Luftpumpe verhindert; sie ist aber auch zugleich Ursache, daß die Luft ein eben so schwerer Körper ist, als alle übrigen Naturkörper, welche ihr Gewicht bloß der anziehenden Kraft der Erde verdanken. Daher wiegt ein metallenes, mit einem Hahne verschließbares Gefäß stets weniger, nachdem die Luft ausgepumpt ist, als vorher.

Wenn gleich die Theilchen einer Luftart sich mit Lebhaftigkeit von einander zu entfernen suchen, so vermögen wir doch eine gegebene Masse durch geringe Kräfte in einen auffallend kleineren Raum zusammenzudrücken. Wird eine Blase zugebunden und dann zusammengedrückt, so wird sie auffallend kleiner; nehmen wir einen hohlen Cylinder, in welchen ein gut schließender Kolben paßt, so vermögen wir diesen mit Leichtigkeit bis zu bedeutender Tiefe hineinzudrücken; so wie jedoch dieser Druck nachläßt, dehnt sich die Luft wieder aus und treibt den Kolben zurück. Wofern bei diesem Versuche die Luftart nicht etwa in eine tropfbare Flüssigkeit verwandelt wird, zeigen genaue Versuche, daß die Räume, welche eine gegebene Masse bei verschiedenem Drucke einnimmt, sich umgekehrt verhalten, wie die drückenden Kräfte, dergestalt, daß sie bei doppeltem, dreifachem u. s. w. Drucke nur die Hälfte, das Drittel u. s. w. des ursprünglichen Raumes bei einfachem Drucke einnimmt.

Physische Beschaffenheit der Atmosphäre.

Aus den bisherigen Betrachtungen ergibt sich von selbst die eigenthümliche physische Beschaffenheit der Atmosphäre. Jedes Lufttheilchen als Körper übt vermöge seines Gewichtes einen

Druck auf die unter ihm liegenden Massen und ihre Entfernung sich zu der eigenen Schwere dieser Massen und ihre Entfernung wird dadurch noch mehr verhindert, als durch die bloße Anziehungskraft der Erde. In einer verticalen Luftsäule finden wir daher unmittelbar am Boden die größte Dichtigkeit der Luftmassen steigen wir etwas aufwärts, so ist diese geringer, weil das Stück der Atmosphäre, welches wir unter uns zurückließen, keinen Druck mehr ausübt, und so finden wir von unten nach oben aufsteigend immer weniger dichte Luftmassen. Das Barometer, durch welches dieser Druck gemessen wird, steht daher auf der Spitze eines Berges niedriger, als an seinem Fuße; ja so innig ist der Zusammenhang zwischen der Höhe eines Punktes und dem Drucke der Atmosphäre daselbst, daß man sich der Barometerstände bedient, welche gleichzeitig an zwei Orten beobachtet sind, um daraus den Höhenunterschied dieser Orte zu berechnen.

In Folge des eben betrachteten Gesetzes dehnt sich die Luft immer mehr aus, je geringer der auf sie wirkende Druck ist; in aller Strenge würde die Atmosphäre sich sehr weit erstrecken und erst in der Höhe von vielen Meilen würde ihre Dichtigkeit so klein seyn, daß wir sie übersehen könnten. Es ist uns jedoch nicht möglich gewesen, auf dem Wege der Erfahrung zu entscheiden, was aus den Lufttheilchen wird, wenn ihre Dichtigkeit viele tausend Mal kleiner ist, als an der Oberfläche der Erde. Dehnten sie sich bis ins Unendliche aus, dann würden Lufttheilchen durch den ganzen Weltraum verbreitet seyn und jeder Himmelskörper sich in Folge seiner Anziehung daraus seine eigene Atmosphäre bilden; astronomische Beobachtungen, welche namentlich in dieser Hinsicht angestellt sind, sind jedoch dieser Folgerung nicht günstig gewesen, so daß es wahrscheinlich ist, daß die Atmosphäre der Erde in einer gewissen Höhe ihre Gränze habe. Wo diese liege, ist bis jetzt nicht entschieden, wir wissen nur, daß in einer Höhe von etwa 10 Meilen die Luft eine so geringe Dichtigkeit hat, daß wir dahin die Gränze des Luftkreises verlegen können.

Verschiedenheit der Gase und Dämpfe.

Bei einer genaueren Untersuchung der physikalischen Eigenschaften, welche die verschiedenen gasartigen Körper besitzen, entdecken wir sehr bald, daß sie in zwei große Klassen zerfallen.

Einige von ihnen, wie z. B. trockene atmosphärische Luft, behalten unter allen Umständen ihren expansiblen, elastischen Zustand, und diese heißen Luftarten oder Gase im engeren Sinne; andere dagegen nehmen mit Leichtigkeit den tropfbaren Zustand an, und diese heißen Dünste. Unter den Kräften, welche einen Uebergang aus dem einen dieser Aggregatzustände in den anderen bewirken, zeichnen sich vorzüglich zwei aus, nämlich Druck und Temperaturänderung. Wir wollen eine gewöhnliche Barometerröhre ABC (Fig. 3.) an dem einen Ende bei C schließen und den Schenkel BC parallel AB biegen; wir wollen ferner an dem Schenkel BC eine Scale anbringen, welche angiebt, wie viel Kubiklinien CE oder ein beliebiger Theil dieses Schenkels enthält, während neben der bei weitem längeren Röhre AD eine in Zolle und Linien getheilte Scale befestigt ist. Trocknen wir diese Röhre sehr gut aus, was am besten dadurch erreicht wird, daß wir das offene Ende A längere Zeit mit einer Flasche in Verbindung setzen, welche concentrirte, nicht rauchende Schwefelsäure enthält, und schütten darauf etwas Quecksilber hinein, so daß es bei D und E in beiden Schenkeln gleich hoch steht: so ist die in CE befindliche Luftmasse von der äußern abgesperrt und steht unter dem Drucke der Atmosphäre, welchen wir durch Beobachtung des Barometerstandes im Augenblicke des Versuches kennen lernen. Gießen wir behutsam in die Röhre AD Quecksilber und steht dieses hier bis F, so steigt es in dem verschlossenen Schenkel nur bis G; denken wir durch G die Horizontale GH gezogen, so erhalten wir die Größe des Druckes, wenn wir die Länge von FH zu dem Barometerstande im Augenblicke der Beobachtung addiren. Gesezt, es wäre FH gleich dem Barometerstande, so würde die Luftmasse jetzt durch einen Druck von zwei Atmosphären comprimirt, dann wäre CG gleich der Hälfte von CE, die Luft also auf die Hälfte ihres ursprünglichen Volumens comprimirt. Wenn wir auf diese Art die Drucke beliebig vergrößern, so finden wir das schon früher erwähnte, von Mariotte aufgefundene Gesetz, daß sich die Räume umgekehrt verhalten wie die drückenden Kräfte.

Trockene atmosphärische Luft und die wichtigsten Bestandtheile, aus denen sie zusammengesetzt ist, zeigen dieses Gesetz bis zu allen Drucken, bei denen man Versuche gemacht hat. Hätten

wir dagegen feuchte Luft genommen, so wäre die Verminderung des Volumens bei geringem Drucke vielleicht noch nach dem eben erwähnten Gesetze erfolgt, bei stärkerer Compression indessen wäre der Raum kleiner geworden, als es darnach hätte geschehen müssen. Unter diesem Drucke nämlich wird ein Theil des Wasserdampfes in Wasser verwandelt, d. h. niedergeschlagen oder condensirt, und bald erkennt man, daß Wassertropfen sich auf der innern Wand der Röhre CE zeigen.

Man erkennt diese Verschiedenheit zwischen Gasen und Dämpfen noch auf eine andere Art. Wir wollen drei gut ausgekochte Barometer nehmen, deren Angaben wohl übereinstimmen, und sie in einen Raum hängen, wo die Temperatur sich nicht während des Versuches ändert. Wir wollen diese drei Barometer zur Unterscheidung mit A, B, C bezeichnen. Durch irgend ein Verfahren sey der leere Raum im oberen Theile von B und C in Theile von gleicher Capacität getheilt. Wir wollen jetzt in den leeren Raum von B eine Blase trockener Luft steigen lassen, so wird das Quecksilber durch die Ausdehnung dieser herabgedrückt und dieses Barometer steht niedriger als A; der Unterschied beider giebt die Elasticität des Gases bei dieser Temperatur an. In den leeren Raum von C lassen wir einen Tropfen Wasser steigen, dieses verwandelt sich sogleich in Dämpfe, welche das Quecksilber herabdrücken, durch den Unterschied in den Höhen von A und C wird die Elasticität des Wasserdampfes bei dieser Temperatur bestimmt; ist eine hinreichende Menge von Wasser vorhanden, so bildet sich sogleich so viel Dampf, daß der leere Raum damit gesättigt ist, d. h. daß er diejenige Menge besitzt, welche er bei dieser Temperatur aufnehmen kann. Gesezt nun, wir tauchen die beiden Röhren B und C mit ihren unteren Enden tief in Quecksilber, so stehen beide noch stets tiefer als A, aber der Unterschied zwischen A und B wird immer größer, so wie die Luft comprimirt wird: ein Beweis, daß ihre Elasticität zunimmt, während der Unterschied zwischen A und C unverändert bleibt, es hat also der Dampf in einem damit gesättigten Raume bei unveränderter Temperatur stets dieselbe Elasticität, möge dieser Raum groß oder klein seyn; so wie der Raum nämlich vermindert wird, schlägt sich ein Theil des Dampfes bei der Compression in tropfbarer Gestalt nieder; nur dann, wenn noch keine

Sättigung Statt findet, wird Dampf eben so wie Luft comprimirt, bis endlich Sättigung eingetreten ist.

Eben so einflußreich als die Compression ist die Temperatur. Gesezt, wir stellten die drei Barometer in einen Raum, wo das Thermometer auf 20° steht. Der Barometerstand werde durch A gleich $336'''$ gefunden, in B stehe das Quecksilber auf $328'''$, und eben so hoch in C, es betrage also die Elasticität des Dampfes, so wie die der Luft $8'''$. Man bringe jetzt alle drei Instrumente in einen Raum, wo das Thermometer auf 0° steht. A bleibt unverändert, dagegen steigen B und C, weil bei der Erniedrigung der Wärme Luft und Dampf eine geringere Elasticität besitzen und daher das Quecksilber nicht so stark herabdrücken. Genaue Messungen aber zeigen in diesem Falle, daß das Barometer B auf $328''',5$, das Barometer C auf etwa $333''',5$ steht, es ist demnach die Elasticität der Luft bei dieser Erkaltung von $8'''$ auf $7''',5$, die des Dampfes dagegen fast auf $2''',5$ herabgesunken, es ist dabei ein Theil dieses Dampfes in Wasser verwandelt worden. Sorgfältige Untersuchungen von mehreren Physikern zeigen, daß, wenn wir den Raum einer gegebenen Luftmasse bei der Temperatur des thauenden Eises mit V bezeichnen, so ist es bei der Wärme von t Graden um eine Größe vermehrt worden, welche wir erhalten, wenn wir V mit t und $0,00375$ multipliciren. Wie die Elasticität des Dampfes bei verschiedenen Temperaturen gefunden werde, wollen wir sogleich nachher betrachten.

Aus diesem Niederschlage des Dampfes bei der Erkaltung ergiebt sich eine Menge von Erscheinungen, welche wir täglich beobachten. Kommen wir z. B. im Sommer in ein Zimmer, wo mehrere Menschen sich befinden und die Luft etwas feucht ist, mit einem Glase frischen Brunnenwassers, so bildet sich auf diesem sogleich eine Menge kleiner Wassertropfen. Die Luft in der Nähe des Glases wird von diesem stark erkaltet; da sie mehr Dämpfe enthält, als sie im Zustande der Sättigung enthalten kann, so wird dieser Ueberschuß in der Gestalt von tropfbarem Wasser niedergeschlagen, verschwindet jedoch wieder, wenn es bei der Erwärmung des Glases wieder in Dampf verwandelt wird. Genau derselbe Vorgang zeigt sich im Winter beim sogenannten Schwitzen der Fenster, denn an den besonders in der

Nacht erkalteten Scheiben schlägt sich ein Theil der im Zimmer enthaltenen Dämpfe nieder. Wenn der Dampf keine festen Körper trifft, an denen er sich in Tropfengestalt anhängen kann, so bildet er in der Luft schwebend ungemein feine Kügelchen, welche das Ansehen von Nebeln haben. Wird in freier Luft ein Gefäß Wasser erhitzt, so zeigt sich diese Nebelmasse sehr auffallend; indem der heiße Dampf in die kältere Luft tritt, kommt nach der letzteren eine größere Menge, als sie im Zustande der Sättigung aufnehmen kann, und dieser Ueberschuß wird niedergeschlagen.

Chemische Zusammensetzung der Atmosphäre.

Wenn wir erwägen, welche Menge verschiedenartiger Luftarten und Dämpfe bei den verschiedenen chemischen Prozessen auf der Erde entwickelt werden, so sollte man erwarten, daß bei der Zersetzung der Luft alle diese Bestandtheile aufgefunden werden müßten; wir müssen jedoch erwägen, daß die Mengen derselben in Vergleich mit dem Luftocean unendlich klein sind und daß sie daher unseren Prüfungen entgehen; andererseits wird wahrscheinlich ein Theil davon wieder bei Ernährung der Pflanzen und Thiere verbraucht, oder verbindet sich mit den Gesteinen der Erdrinde. Wir finden nur wenige Gase und Wasserdampf zu allen Zeiten in der Atmosphäre; und da mehrere Meteorologen den Regen und andere Prozesse aus chemischen Prozessen abgeleitet haben, so will ich hier kürzlich diese Bestandtheile aufzählen.

Allenthalben wo bisher Versuche angestellt sind, finden wir in der Atmosphäre Wasserdampf, Sauerstoffgas und Stickstoff, an den meisten Punkten auch Kohlensäure. Die übrigen Bestandtheile sind nur in so geringer Menge vorhanden, daß sie weniger Beachtung verdienen. Wir werden späterhin angeben, wie groß die Menge von Wasserdampf zu verschiedenen Zeiten ist, hier genüge die Angabe eines Verfahrens, durch welches man seine Gegenwart zu erkennen vermag. Concentrirte Schwefelsäure, geglühter Chlorcalc und andere Körper haben die Eigenschaft, daß sie sich mit großer Begierde mit Wasserdampf verbinden. Setzt man in einem Uhrglase genau abgemessene Mengen von ihnen einige Stunden der freien Luft aus, so findet man, daß ihr Gewicht schwerer geworden ist, und eine chemische Prüfung zeigt, daß sie Wasserdampf aufgenommen

haben. Um zugleich die Menge von Wasserdampf zu finden, welche ein Kubikfuß Luft enthält, kann man das folgende von Brunner vorgeschlagene Verfahren anwenden. An einem Gefäße von Blech, welches einen Inhalt von etwa zwei Kubikfuß hat, befinden sich zwei durch Hähne verschließbare Oeffnungen, eine am obern, die zweite am untern Ende. Das Gefäß wird fast ganz mit Wasser gefüllt und an der obern Oeffnung durch eine Röhre von Kautschouf eine horizontal liegende Glasröhre von etwa einem Fuß Länge und mehreren Linien im Durchmesser befestigt. Diese Röhre enthält eine Quantität Asbestfäden oder Gypsstückchen, welche mit Schwefelsäure befeuchtet sind und der Luft einen freien Durchgang gestatten. Ehe diese Röhre an dem Apparate befestigt wird, muß ihr Gewicht mittelst einer feinen Wage so genau als möglich bestimmt werden. Man öffnet nun den obern und untern Hahn am Gefäße und lasse genau einen Kubikfuß Wasser ausfließen, so strömt durch die Glasröhre ein Kubikfuß Luft in das Gefäß, giebt aber an die Schwefelsäure ihren sämmtlichen Wasserdampf ab. Wird die Glasröhre jetzt aufs Neue gewogen, so findet man unter allen Umständen, daß ihr Gewicht größer geworden sey, und diese Gewichtszunahme bestimmt die Menge von Wasserdampf, welche ein Kubikfuß Luft enthielt.

Während die Menge des Wasserdampfes nach Tages- und Jahreszeiten, so wie dem jedesmaligen Zustande der Witterung sehr bedeutende Variationen zeigt, finden wir, daß Sauerstoffgas und Stickstoff stets nahe in denselben Verhältnissen vorkommen. Von diesen beiden Luftarten ist Sauerstoffgas bekanntlich diejenige, welche das Athmen der Thiere und das Brennen des Feuers unterhält, wovon man sich besonders dann überzeugt, wenn man diese Luftart im chemisch reinen Zustande darstellt. Schmilzt man eine etwas weite Barometerröhre an dem einen Ende zu, biegt dann die Röhre etwa 2 bis 3 Zoll von diesem zugeschmolzenen Ende so, daß dieser geschlossene Schenkel mit dem offenen einen stumpfen Winkel bildet, füllt dann jenen mit rothem Quecksilberoxyd oder Chlorsaurem Kali, so können diese Körper, von denen Sauerstoffgas einen der Hauptbestandtheile ausmacht, diese Gasart nicht mehr behalten, wenn die Röhre gebläht wird; taucht man das offene Ende der Röhre unter Wasser, so ent-

weicht eine Menge Luftblasen, die man auffangen kann, wenn man darüber eine umgekehrte mit Wasser gefüllte Flasche hält. Ist letztere mit Luft gefüllt, so brennt ein hineingehaltener Körper mit größerer Lebhaftigkeit als in der Atmosphäre; selbst solche Körper, welche in dieser nur wenig oder in sehr hohen Temperaturen brennen, zeigen hier eine lebhafte Flamme. Befestigt man z. B. am Ende eines Stahldrahtes ein Stückchen glühenden Schwamm, hält ihn in die Flasche, so verbrennt er mit großer Lebhaftigkeit unter Entwicklung eines blendend weißen Lichtes, so lange bis aller Sauerstoff verzehrt ist.

Wenn Körper verbrennen, so verbindet sich Sauerstoff mit ihnen, und in Folge dieser chemischen Vereinigung wird Wärme entwickelt, welche sich dann, wenn sie einen hohen Grad von Intensität besitzt, leuchtend zu erkennen giebt, und eben dieses geschieht bei einem jedem Feuer, welches wir im gewöhnlichen Leben beobachten. Bei diesem Prozesse wird ein neuer Körper gebildet. Ist dieser fest und leicht brennbar, so verschwindet alles Sauerstoffgas. Füllen wir ein verkehrt über Quecksilber stehendes Glas mit dieser Luftart, stecken dann etwas Phosphor darunter und zünden diesen etwa durch ein Brennglas an, so verbrennt er mit Lebhaftigkeit, aber alle Luft ist aus dem Glase verschwunden. Hätten wir glühende Kohlen hineingebracht, so wäre zwar ebenfalls das Sauerstoffgas verzehrt worden, aber es bleibt stets dieselbe Menge von Luft übrig, die jedoch weder zum Athmen noch Unterhalten einer Flamme taugt; bringen wir nun etwas helles Kalkwasser hinein, so wird dieses schnell getrübt, ein weißer Niederschlag fällt zu Boden und die Luft verschwindet. Im ersten Falle nämlich bildet sich Phosphorsäure, die in Gestalt eines dicken weißen Rauches erscheint und sich an den Wänden des Glases als fester Körper niederschlägt; die Kohlensäure dagegen, welche sich im zweiten Falle bildet, bleibt bei gewöhnlicher Temperatur und Druck in gasförmigem Zustande; so wie wir sie jedoch mit Kalkwasser in Berührung bringen, geht sie mit den darin enthaltenen Kalktheilchen eine chemische Verbindung ein, welche als weißer pulverförmiger Körper zu Boden fällt.

Nur dadurch, daß die Atmosphäre Sauerstoff als Bestandtheil enthält, wird das Brennen von Feuer und das Athmen der Thiere möglich. Um seine Menge aufzufinden, nehme man eine

genau abgemessene Menge davon, etwa in einer getheilten Röhre, die sich über Quecksilber befindet, und lasse ein Stückchen Phosphor hineinsiegen. Wird die Vorrichtung jetzt erwärmt, so vermindert sich die Luftmenge schnell, aber bald ist alles Oxygen verzehrt, und so lange wir den Apparat mögen stehen lassen, so bleibt doch dieser Rückstand unverändert. Wird dieser genau gemessen, so lernen wir dadurch die Menge der verschwundenen Luft, also den Sauerstoffgehalt der Luft kennen. Man kann diese letztere Größe nach Brunner's Vorschlage auf eine ähnliche Art bestimmen, als den Wasserdampf. Wir füllen eine Röhre mit Phosphor, wiegen sie ab, lassen eine bekannte Luftmasse durchströmen und leiten dann den Sauerstoffgehalt aus der Gewichtszunahme der Röhre her. Dasjenige, was nach Verschwinden des Oxygens übrig bleibt, ist Stickstoff, das für sich stets nur in gasförmiger Gestalt existirt und weder dem Brennen noch Athmen dienlich ist. Außerdem finden wir eine sehr geringe Menge Kohlensäure nebst einigen andern nur durch sehr sorgfältige, in großen Mengen nachweisbare Körper, besonders organischen Ursprungs.

Es giebt noch mehrere Methoden, durch welche sich der Sauerstoffgehalt der Luft bestimmen läßt, bei denen wir hier jedoch nicht länger verweilen wollen. Alle diese Methoden zeigen, daß die Atmosphäre allenthalben, in der Höhe und Tiefe sehr nahe dieselbe chemische Beschaffenheit hat. In 100 Raumtheilen befinden sich nämlich sehr nahe 21 Theile Oxygen und fast 79 Theile Stickstoff, indem die Kohlensäure nur etwa $\frac{1}{1000}$ des Ganzen ausmacht.

Noch will ich hier einer interessanten Verbindung gedenken, welche die beiden Hauptbestandtheile eingehen können. Füllen wir eine Glasröhre von bekanntem Inhalte mit atmosphärischer Luft und lassen einige hundert electrische Funken durchschlagen, so wird das Volumen der Luft verkleinert, es haben sich kleine Mengen beider Gase verbunden, welche sich leicht mit etwas Wasser vereinigen, das sich in der Röhre befindet. Wird das vorher reine Wasser jetzt untersucht, so finden wir, daß darin salpetrige Säure befindlich ist. Diesen Versuch macht die Natur zuweilen im Großen. Das Regenwasser nämlich, welches bei Gewittern gesammelt wird, enthält nach der Untersuchung von Liebig stets

etwas Salpetersäure, während gewöhnliches Regenwasser keine Spur davon zeigt. Zugleich aber beweist diese Thatsache, daß alle diejenigen Hypothesen, welche die Aenderungen der Mitterung aus chemischen Processen in der Atmosphäre herleiten, nicht naturgemäß sind; wären nämlich solche Ursache z. B. des Regens, so würde nicht sowohl Wasser als Salpetersäure herabfallen und dadurch alles Leben auf der Erde längst zerstört seyn.

Durchdringen der Gase.

Gasarten so wie Dämpfe zeigen in ihrem physischen Verhalten ein Gesetz, welches von den bei tropfbaren Flüssigkeiten beobachteten Erscheinungen völlig abweicht. Gießen wir in ein Gefäß z. B. Wasser, Quecksilber, Oel und andere Flüssigkeiten, welche sich nicht chemisch mit einander verbinden, so ordnen sich diese dergestalt, daß wir zuoberst eine Schicht Oel, dann eine Schicht Wasser und am Boden endlich Quecksilber finden, und daß überhaupt die Dichtigkeit der einzelnen Schichten von unten nach oben abnimmt. Bringen wir in ein Gefäß eben so verschiedene Luftarten, z. B. Kohlensäure, Oxygen und Hydrogen, deren Dichtigkeit in der eben angegebenen Ordnung abnimmt, so sollte man erwarten, daß wir am Boden eine Schicht Kohlensäure, darüber eine Schicht Oxygen und zuoberst eine Schicht Hydrogen fänden. Die Erfahrung zeigt aber, daß wir an jeder Stelle des Gefäßes gleiche Mengen von diesen drei Luftarten antreffen. Nach einem Gesetze nämlich, welches von Berthollet und Dalton entwickelt und in neueren Zeiten von Graham erweitert worden ist, durchdringen sich die Gase aufs Innigste; eine Luftart, die in eine zweite eindringt, bewegt sich durch die Poren gerade so, als ob sie in den leeren Raum trete, und höchstens verhindert letztere die Schnelligkeit der Ausbreitung. Nimmt man z. B. zwei kugelförmige Gefäße von gleichem Inhalte, füllt eins von ihnen mit Kohlensäure, das zweite mit dem vielfach weniger dichten Wasserstoffgas, verbindet sodann beide durch eine feine Thermometeröhre und stellt beide Recipienten unter einander, so daß der mit dem dichteren Gase gefüllte sich genau unter dem andern befindet, so finden wir nach einiger Zeit gleiche Mengen von jedem von ihnen in jedem Gefäße. Die Zeit, welche erforderlich ist, damit eine völlige Durchdringung Statt finde,

hängt von der Dichtigkeit ab, stets aber findet sie Statt. Eben dieses Gesetz gilt auch für die Dämpfe.

Da die beiden vorzüglichsten Bestandtheile der Atmosphäre keine eigentliche chemische Verbindung eingegangen sind, so müßte sich von unten nach oben eine jede Gasart nach der ihr eigenen Dichtigkeit ausdehnen, und die beiden Atmosphären von Sauerstoff und Stickstoff müßten unabhängig von einander existiren. Versolgen wir dann das obige Gesetz, so müßte die chemische Zusammensetzung der Luft in der Höhe und Tiefe verschieden seyn. Allerdings zeigt eine chemische Untersuchung eine solche Differenz nicht nach; wenn wir indessen die beständigen auf- und absteigenden Luftströme erwägen, deren Lebhaftigkeit sich besonders in einem Gebirge beobachten läßt, und dabei zugleich die oft sehr heftigen Stürme in horizontaler Richtung berücksichtigen: dann überzeugen wir uns sehr bald, daß die Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Atmosphäre dadurch entfernt werden muß.

Elasticität des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen.

Es wurde vorher erwähnt, daß die Elasticität des Wasserdampfes bei derselben Temperatur in einem damit gesättigten Raume eine unveränderliche Größe sey, möge der Raum groß oder klein seyn; ähnliche Untersuchungen zeigen, daß diese Größe denselben Werth habe, möge der Raum luftleer oder mit irgend einem andern Gase gefüllt seyn; letzteres bewirkt nur in sofern eine Verschiedenheit, daß ein luftleerer hinreichend mit Wasser erfüllter Raum stets das Maximum von Dämpfen enthält, während z. B. bei einer Erhöhung der Temperatur einige Zeit vergeht, ehe die Dämpfe sich bis zur Sättigung durch den mit Luft gefüllten Raum verbreitet haben.

Das Verfahren, um die Elasticität der Dämpfe bei verschiedenen Temperaturen zu messen, ist höchst einfach. Man läßt in den leeren Raum eines Barometers einen Tropfen Wasser steigen und beobachtet jedesmal, um wie viel dieses niedriger steht als ein anderes gut ausgekochtes Instrument; der Unterschied giebt die gesuchte Größe für die gleichzeitig beobachtete Temperatur. Soll indessen das Resultat zuverlässig seyn, so

würde erforderlich seyn, daß die Röhren einen Durchmesser von vielleicht einem Zolle hätten, um die kleinen Fehler zu entfernen, welche daraus entstehen können, daß das Quecksilber am Rande der Gefäße niedriger steht als in der Mitte. Eben so müßten alle Beobachtungen auf dieselbe Temperatur der Quecksilbersäule reducirt werden. Die Nichtbeachtung dieser und ähnlicher Vorsichtsmaafregeln ist Ursache, daß die Resultate verschiedener Beobachter so sehr von einander abweichen. Ich gebe daher im Folgenden zwei Tafeln für diese Größe. Nach meinen eigenen Beobachtungen bei gewöhnlichen Temperaturen der Atmosphäre ergeben sich folgende Werthe für verschiedene Grade des Reaumur'schen Thermometers.

R	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R
—20	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	—20
—19	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	—19
—18	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	—18
—17	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	—17
—16	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42	0,42	0,41	0,41	—16
—15	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46	0,45	—15
—14	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,50	—14
—13	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55	—13
—12	0,67	0,66	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63	0,63	0,62	0,61	—12
—11	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,68	0,68	—11
—10	0,81	0,81	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	—10
—9	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,82	—9
—8	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	—8
—7	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00	1,00	—7
—6	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	—6
—5	1,50	1,49	1,48	1,47	1,46	1,45	1,44	1,43	1,42	1,41	—5
—4	1,42	1,41	1,40	1,38	1,37	1,36	1,35	1,33	1,32	1,31	—4
—3	1,56	1,54	1,53	1,52	1,50	1,49	1,47	1,46	1,45	1,43	—3
—2	1,70	1,69	1,67	1,66	1,64	1,63	1,61	1,60	1,58	1,57	—2
—1	1,86	1,84	1,83	1,81	1,79	1,78	1,76	1,75	1,73	1,72	—1
0	2,03	2,01	1,99	1,98	1,96	1,94	1,93	1,91	1,89	1,88	0
1	2,03	2,05	2,07	2,08	2,10	2,12	2,14	2,16	2,18	2,20	1
2	2,21	2,23	2,25	2,27	2,29	2,31	2,33	2,35	2,37	2,39	2
3	2,41	2,43	2,46	2,48	2,50	2,52	2,54	2,56	2,59	2,61	3
4	2,63	2,65	2,67	2,70	2,72	2,74	2,77	2,79	2,81	2,84	4
5	2,86	2,89	2,91	2,93	2,96	2,98	3,01	3,04	3,06	3,09	5
6	3,11	3,14	3,16	3,19	3,22	3,24	3,27	3,30	3,33	3,35	6
7	3,38	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,55	3,58	3,61	3,64	7
8	3,67	3,70	3,73	3,76	3,80	3,83	3,86	3,89	3,92	3,95	8
9	3,99	4,02	4,05	4,08	4,12	4,15	4,19	4,22	4,25	4,29	9
10	4,32	4,36	4,39	4,43	4,46	4,50	4,54	4,57	4,61	4,65	10
11	4,68	4,72	4,76	4,80	4,84	4,88	4,91	4,95	4,99	5,03	11
12	5,07	5,11	5,15	5,19	5,24	5,28	5,32	5,36	5,40	5,45	12
13	5,49	5,53	5,58	5,62	5,66	5,71	5,75	5,80	5,84	5,89	13
14	5,94	5,98	6,03	6,08	6,12	6,17	6,22	6,27	6,32	6,37	14
15	6,42	6,46	6,51	6,56	6,62	6,67	6,72	6,77	6,82	6,88	15
16	6,93	6,98	7,03	7,09	7,14	7,20	7,25	7,31	7,36	7,42	16
17	7,48	7,53	7,59	7,65	7,71	7,77	7,82	7,88	7,94	8,00	17
18	8,06	8,13	8,19	8,25	8,31	8,38	8,44	8,50	8,56	8,63	18
19	8,69	8,76	8,82	8,89	8,96	9,02	9,09	9,16	9,23	9,28	19
20	9,36	9,43	9,50	9,57	9,64	9,72	9,79	9,86	9,93	10,01	20
21	10,08	10,15	10,23	10,30	10,38	10,46	10,53	10,61	10,69	10,77	21
22	10,84	10,92	11,00	11,08	11,16	11,25	11,33	11,41	11,49	11,58	22
23	11,66	11,75	11,83	11,92	12,00	12,09	12,18	12,26	12,35	12,44	23
24	12,53	12,62	12,71	12,80	12,90	12,99	13,08	13,17	13,27	13,36	24
25	13,46	13,55	13,65	13,75	13,84	13,94	14,04	14,14	14,24	14,34	25
26	14,44	14,55	14,65	14,75	14,86	14,96	15,07	15,17	15,28	15,39	26
27	15,50	15,60	15,71	15,82	15,93	16,04	16,16	16,27	16,38	16,50	27
28	16,61	16,73	16,84	16,96	17,08	17,20	17,32	17,44	17,56	17,68	28
29	17,80	17,92	18,05	18,18	18,30	18,43	18,56	18,69	18,82	18,95	29

Eine andere Tafel dieser Art hat August besonders aus den Beobachtungen von Dalton hergeleitet. Darnach erhalten wir bei verschiedenen Graden des 80theiligen Thermometers folgende Größen:

R	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R
—25	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	—25
—24	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	—24
—23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	—23
—22	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	—22
—21	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	—21
—20	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	—20
—19	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,34	—19
—18	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	—18
—17	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,44	0,43	0,42	0,42	—17
—16	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	—16
—15	0,57	0,56	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	—15
—14	0,62	0,61	0,61	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	—14
—13	0,68	0,67	0,67	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	—13
—12	0,75	0,74	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,69	0,69	—12
—11	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,76	0,75	—11
—10	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	—10
—9	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	—9
—8	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	—8
—7	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	—7
—6	1,32	1,31	1,30	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24	1,22	1,21	—6
—5	1,44	1,43	1,42	1,41	1,39	1,38	1,37	1,36	1,34	1,33	—5
—4	1,58	1,56	1,55	1,54	1,52	1,51	1,50	1,48	1,47	1,46	—4
—3	1,72	1,71	1,70	1,68	1,67	1,65	1,64	1,62	1,61	1,59	—3
—2	1,88	1,87	1,85	1,84	1,82	1,80	1,79	1,77	1,76	1,74	—2
—1	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,95	1,94	1,92	1,90	—1
0	2,24	2,22	2,20	2,19	2,17	2,16	2,14	2,12	2,09	2,07	0
1	2,24	2,26	2,28	2,30	2,32	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42	1
2	2,44	2,46	2,49	2,51	2,53	2,55	2,57	2,59	2,62	2,64	2
3	2,66	2,68	2,71	2,73	2,75	2,78	2,80	2,82	2,85	2,87	3
4	2,89	2,92	2,94	2,97	2,99	3,02	3,04	3,07	3,09	3,12	4
5	3,14	3,17	3,20	3,22	3,25	3,28	3,30	3,33	3,36	3,38	5
6	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,56	3,59	3,62	3,65	3,68	6
7	3,71	3,74	3,77	3,80	3,83	3,86	3,89	3,92	3,96	3,99	7
8	4,02	4,05	4,09	4,13	4,17	4,20	4,24	4,28	4,31	4,35	8
9	4,39	4,42	4,45	4,48	4,52	4,55	4,58	4,61	4,65	4,68	9
10	4,72	4,75	4,79	4,83	4,87	4,91	4,95	4,99	5,03	5,06	10
11	5,10	5,14	5,19	5,23	5,27	5,31	5,35	5,39	5,43	5,48	11
12	5,52	5,56	5,61	5,65	5,70	5,74	5,78	5,83	5,87	5,92	12
13	5,96	6,01	6,06	6,11	6,15	6,20	6,25	6,28	6,33	6,38	13
14	6,44	6,49	6,54	6,59	6,64	6,69	6,74	6,79	6,85	6,90	14
15	6,95	6,99	7,04	7,09	7,13	7,18	7,23	7,27	7,31	7,36	15
16	7,41	7,48	7,54	7,62	7,68	7,74	7,81	7,88	7,94	8,01	16

R	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R
16	8,07	8,14	8,20	8,26	8,32	8,39	8,45	8,51	8,57	8,63	16
17	8,70	8,76	8,83	8,90	8,96	9,03	9,09	9,16	9,23	9,29	17
18	9,36	9,43	9,50	9,57	9,64	9,71	9,78	9,86	9,93	10,00	18
19	10,07	10,13	10,20	10,26	10,33	10,39	10,46	10,52	10,59	10,65	19
20	10,72	10,81	10,90	10,99	11,08	11,17	11,26	11,35	11,44	11,53	20
21	11,62	11,71	11,79	11,88	11,96	12,05	12,14	12,22	12,31	12,39	21
22	12,48	12,57	12,65	12,75	12,84	12,93	13,03	13,12	13,21	13,30	22
23	13,39	13,49	13,58	13,68	13,78	13,87	13,97	14,07	14,15	14,24	23
24	14,36	14,46	14,57	14,67	14,77	14,87	14,98	15,08	15,18	15,29	24
25	15,39	15,50	15,61	15,71	15,82	15,93	16,04	16,15	16,25	16,36	25
26	16,47	16,59	16,71	16,82	16,94	17,06	17,18	17,30	17,41	17,53	26
27	17,65	17,77	17,90	18,02	18,14	18,26	18,39	18,51	18,63	18,76	27
28	18,88	19,01	19,14	19,26	19,39	19,52	19,65	19,78	19,90	20,03	28

Der Gebrauch dieser Tafeln ist einfach. Gesezt, man suche die Elasticität des Dampfes, wenn ein Raum von 16",³ damit gesättigt ist: so sucht man in der ersten Verticalspalte 16", in der obersten Horizontalspalte 0",³ auf, und nimmt die Zahl, welche da steht, wo sich die durch 16 gehende Horizontal- und die durch 0,3 gehende Verticalspalte treffen; hier giebt meine Tafel 7",⁶⁵, die von August 8",²⁵. Worin dieser Unterschied seinen Grund habe, läßt sich nicht entscheiden; sehr wünschenswerth aber wird es, daß Beobachtungen mit recht weiten Barometerröhren hierüber angestellt werden. Da die von August gegebenen Werthe sehr nahe mit denen übereinstimmen, welche die meisten Physiker ihren Untersuchungen zum Grunde gelegt haben, so will ich in der Folge seine Bestimmungen beibehalten¹⁾.

1) Worin die Verschiedenheit beider Tafeln ihren Grund habe, wage ich nicht zu entscheiden; ich glaube jedoch, daß die Angaben Dalton's für niedrige Temperaturen aus folgender Ursache etwas zu groß sind. Mehr als zehn Jahre, nachdem Dalton seine Messungen bekannt gemacht hatte, theilte er die Resultate vieljähriger Beobachtungen des Barometers mit und sagt dabei selbst, daß er die Angaben dieses Instrumentes nicht auf eine bestimmte Temperatur reducirt habe. Wahrscheinlich hat er dieses auch bei vorliegenden Versuchen nicht gethan. Wenn er also (wie er es bei diesen Messungen gethan hat) das eine Barometer in kaltes Wasser tauchte, während das andere in einem Zimmer hing, so war das erstere zum Messen der Dampfelasticität bestimmte Instrument kälter als letzteres, die Quecksilbersäule also auch kürzer, als wenn es die Temperatur von diesem gehabt hätte, und mithin war die Differenz, welche er für die Expansivkraft des Dampfes ansah, größer, als wenn beide Instrumente dieselbe

Gewicht des Dampfes.

Um das Gewicht des Wasserdampfes kennen zu lernen, läßt man eine genau abgewogene Quantität Wasser in den leeren Raum des Barometers steigen; wird dieser erwärmt, so nimmt die Elasticität des Dampfes zu; anfänglich beträgt die Größe, um welche dieses Barometer niedriger steht, als ein gut ausgekochtes, bei jeder Temperatur so viel als die Zahlen der obigen Tafeln angeben; bei fortgesetzter Erwärmung endlich kommt ein Punkt, wo dieses nicht mehr der Fall ist, die Zunahme ist nun bei weitem langsamer und beträgt so viel, als wenn wir eine trockene Gasart angewendet hätten. Die Temperatur, bei welcher die plöglche Abnahme der Elasticität eintrat, ist der Punkt der Sättigung; ist dann der Inhalt des mit Dampf erfüllten Raumes bekannt, so kann man aus dem Gewichte des in selbigen getretenen Wassers das Gewicht der Dämpfe in einem gegebenen Raume berechnen. Versuche dieser Art geben nach August's Rechnung die folgenden Größen für das Gewicht des Wasserdampfes, welchen ein damit gesättigter Pariser Kubikfuß bei den daneben stehenden Graden des Réaumur'schen Thermometers enthält.

Grad	Gran	Grad	Gran	Grad	Gran	Grad	Gran	Grad	Gran
—20	0,60	—10	1,54	0	3,65	10	7,90	20	15,88
—19	0,66	—9	1,69	1	3,96	11	8,50	21	16,97
—18	0,73	—8	1,85	2	4,29	12	9,14	22	18,11
—17	0,81	—7	2,03	3	4,64	13	9,81	23	19,32
—16	0,89	—6	2,23	4	5,01	14	10,53	24	20,60
—15	0,98	—5	2,42	5	5,42	15	11,30	25	21,96
—14	1,08	—4	2,63	6	5,86	16	12,11	26	23,38
—13	1,18	—3	2,86	7	6,33	17	12,97	27	24,90
—12	1,29	—2	3,10	8	6,82	18	13,89	28	26,47
—11	1,41	—1	3,36	9	7,34	19	14,85	29	28,14

Temperatur gehabt hätten. Ich habe die Angaben beider Barometer stets auf 0° reducirt und nun erst ihren Unterschied genommen. Möglich ist es übrigens, daß meine Angaben bei Temperaturen von 20° und mehr deshalb etwas zu klein sind, weil das Thermometer neben dem Barometer vielleicht eine etwas höhere Temperatur hatte, als der mit Dampf erfüllte luftleere Raum, so daß alle von mir gemachten Messungen zu etwas tieferen Temperaturen gehören, als das Thermometer angab, zumal da der veränderliche Sommer, in welchem ich sie machte, nur selten gestattete, daß die Stuben eine hohe Temperatur annahmen oder diese auch nur einige Stunden unverändert behielten.

Ist uns die Temperatur bekannt, bei welcher ein gegebener Raum eben mit Dämpfen gesättigt ist, so können wir entweder das Gewicht des Wasserdampfes, die ein Kubikfuß von ihm enthält, oder die Elasticität desselben bei dieser Bestimmung benutzen. Wäre also z. B. die Temperatur 8°R , so ist das Gewicht eines Kubikfußes Dampf 6,82 Gran; die Elasticität des Dampfes $4''',35$. Eine jede dieser Größen charakterisirt auf eine bestimmte Weise die Dampfmenge. Für meteorologische Untersuchungen ist es zweckmäßiger, die Elasticität zu benutzen. Sind wir nun in einem Falle, daß die Luft in der Nähe des Bodens bei einer Temperatur von 8°R gesättigt wäre, und breitet sich der Dampf den Gesetzen elastischer Flüssigkeiten gemäß bis zur Gränze der Atmosphäre aus, so würde das Gewicht der Dampfmenge mit einer Quecksilbersäule von $4''',35$ Höhe im Gleichgewichte stehen. Wir können daher die zu jeder Temperatur gehörige Elasticität des Dampfes bei meteorologischen Untersuchungen auch als den Druck der Dampfatmosphäre ansehen.

Latente Wärme des Dampfes.

Zeigt uns die mit der Temperatur schnell wachsende Elasticität des Dampfes schon zur Genüge, daß bei seiner Bildung die Wärme eine wichtige Rolle spielt, so erkennen wir dieses noch mehr, wenn wir den Prozeß der Verdunstung selbst näher betrachten. Wir wollen annehmen, es werde in ein offenes Metallgefäß Wasser von der Temperatur der Atmosphäre gegossen und dieses durch eine untergesetzte Lampe erhitzt; ein in das Wasser gehaltenes Thermometer steigt sehr schnell, und wenn wir etwa von Minute zu Minute seine Angaben beobachten, so vermögen wir die Schnelligkeit zu beurtheilen, mit welcher die Hitze der Lampe in das Gefäß eindringt. Diese Temperaturzunahme dauert so lange, bis das Wasser bis zum Sieden erhitzt ist, jetzt aber tritt plötzlich ein Stillstand ein, mit Lebhaftigkeit entweichen die Dämpfe, aber wenn wir jetzt eine noch so große Hitze hineinströmen lassen, die Temperatur des Wassers und der von ihr kommenden Dämpfe wird nicht größer als 100°C , und durch Verstärkung des Feuers wird nur die Schnelligkeit der Dampfbildung vergrößert. Hätten wir statt dieses offenen Gefäßes ein verschlossenes mit hinreichend festen Wänden genommen, dann

würde die Temperatur noch bis über den Siedepunkt eben so gestiegen seyn, als sie bis zu diesem Punkte zunahm; öffnen wir dann aber ein solches Gefäß, so entweicht eine große Dampfmenge mit Heftigkeit, und ungeachtet der unverändert fortdauernden Einwirkung der Wärmequelle sinkt die Temperatur plötzlich bis zum Siedepunkte herab.

Die innige Relation zwischen Dampfbildung und constanter Temperatur des Siedepunktes wurde zuerst von dem Schotten Black genauer untersucht, und durch seine Arbeiten lernten wir die Rolle kennen, welche die Wärme bei diesem Prozesse spielt. Betrachten wir die eben erwähnten Versuche, so strömt in das offene Gefäß unverändert Wärme ein, aber statt daß wir durch Verstärkung des Feuers eine größere Temperatur erzeugen sollten, entweichen die Dämpfe nur schneller; indem sie entweichen, müssen sie diesen Wärmehaushalt mitnehmen, ohne selbst eine höhere Temperatur zu erlangen, als 100° . Daß dieses der Fall sey, geht aus dem Versuche mit einem verschlossenen Gefäße hervor, denn so wie dieses geöffnet wurde, sank die Temperatur plötzlich bis zu 100° herab. Diese Wärme haben unstreitig die Dämpfe mitgenommen; da sie sich aber nicht am Thermometer zu erkennen giebt, so nennt Black dieselbe gebundene oder latente Wärme und er hält eine solche Bindung für eine wesentliche Bedingung, wenn das Wasser in Dampfgestalt existiren soll.

Ist diese Ansicht richtig, so muß die Wärme, welche eine gegebene Dampfmenge gebunden hatte, wieder frei und am Thermometer wahrnehmbar werden, wenn jener in den tropfbaren Zustand zurückkehrt. Einige einfache Versuche bestätigen diese Folgerung. Wir gießen in ein Gefäß ein Pfund Wasser von 0°C , schütten dazu ein Pfund Wasser von 100°C , so hat die Mischung eine Temperatur von 50°C . Und welches auch die Verhältnisse seyn mögen, in denen die Wassermengen von den erwähnten Temperaturen stehen, stets erfolgt die Vertheilung der Wärme in dem Verhältnisse ihrer Mengen. Nehmen wir also 10 Pfund Wasser von 0° und schütten dazu ein Pfund Wasser von 100°C , so ist die Temperatur der Mischung $\frac{10 \cdot 0 + 1 \cdot 10}{11} = 9,1^{\circ} \text{C}$. Wir wollen jetzt das eine Pfund Wasser von

100° C. in ein verschlossenes Gefäß schütten und von ihr eine Röhre in das Gefäß leiten, welches 10 Pfund Wasser von 0° enthält; wird jenes erhitzt, so bleibt seine Temperatur 100° C, die Dämpfe entweichen mit Schnelligkeit durch die Röhre in das kalte Wasser, und werden hier zu Wasser niedergeschlagen; und wenn das ganze Pfund Wasser verdunstet ist, so haben die 11 Pfund in dem Gefäße nicht wie oben eine Temperatur von 9°, sondern von 58° C. Die Dämpfe nämlich geben bei diesem Uebergange in Wasser ihre latente Wärme wieder ab, und diese erhöht daher die Temperatur der Mischung so bedeutend. Durch Versuche dieser Art hat man gefunden, daß die latente Wärme, welche der siedende Wasserdampf besitzt, nahe 555° beträgt, so daß seine gesammte Wärme 635° ist, d. h. die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um ein Pfund siedendes Wasser in Dampf zu verwandeln, ist eben so groß als die Wärmemenge, durch welche dieses Wasser bis zu einer Temperatur von 635° erwärmt werden könnte, wofern dieses Wasser nicht in Dämpfe verwandelt würde.

Die Erfahrung zeigt, daß das Wasser bei allen Temperaturen verdunstet; denn setzen wir ein damit gefülltes Gefäß zu irgend einer Zeit der freien Luft aus, so wird seine Menge nach und nach kleiner und verschwindet endlich ganz. Selbst Eis zeigt noch diese Verdunstung. Legen wir bei niedrigen Temperaturen ein Stück davon auf eine Waagschale, so wird sein Gewicht nach und nach kleiner. Wenn unter diesen Umständen Dampf gebildet wird, so muß letzterer die Temperatur des Wassers eben so depressiren, als wenn dieses siedet. Man überzeugt sich davon besonders bei Flüssigkeiten, die bei niedrigen Temperaturen siedend und bei demselben Thermometerstande schneller verdunsten als Wasser. Umwickeln wir z. B. die Kugel eines Thermometers mit Baumwolle, gießen darauf Schwefeläther, so nimmt der entweichende Dampf der Kugel die zu seiner Existenz nöthige gebundene Wärme, und das Instrument sinkt daher selbst mitten im Sommer bis zum Gefrierpunkte, oder noch tiefer. Nehmen wir bei trockenem Wetter zwei vollkommen übereinstimmende Thermometer, umwickeln die Kugel des einen mit einem Stückchen Musselin, befeuchten es mit Wasser und setzen beide der freien Luft aus, so

steht das nasse Thermometer mehrere Grade niedriger als das trockene.

Eine Menge von Erfahrungen bestätigen das Gesagte, und in der Oeconomie des thierischen Lebens spielt die Bindung der Wärme eine nicht geringe Rolle. Beständig scheidet sich von unserm Körper Feuchtigkeit als Schweiß aus, dieser verdunstet, und indem er uns die zu seiner Bildung nöthige latente Wärme nimmt, wird unsere Haut abgekühlt. Ist der Schweiß in Folge von Erkältung unterdrückt, so fühlen wir eine starke innere Hitze, weil die abkühlende Ursache wegfällt. Da bei einerlei Temperatur Wasser in einer feuchten Luft langsamer verdunstet, als wenn letztere trocken ist, so ist in letzterer die dadurch bewirkte Temperaturdepression weit größer. Daher haben wir häufig im Sommer ein so drückendes Gefühl von Hitze bei feuchtem Wetter, ohne daß das Thermometer hoch steht, während uns weit wärmere aber trockene Luft erträglich ist. Wird durch irgend eine Ursache die Dampfmenge, welche die unserem Körper zunächst liegende Luftmasse fast sättigt und dadurch den Verdunstungsprozeß verzögert, entfernt, so geht dieser Prozeß lebhafter von Statten und die Erkältung ist bedeutender. Aus diesem Grunde scheint uns windiges Wetter weit kälter als ruhige Luft, auch wenn Temperatur und Feuchtigkeit in beiden Fällen dieselben sind.

Hygrometer.

Schon unser Gefühl überzeugt uns von der großen Verschiedenheit der Dampfmenge, welche die Atmosphäre zu verschiedenen Zeiten erhält; um sie mit einer größeren Genauigkeit zu bestimmen, bedient man sich der Hygrometer. Das sicherste Verfahren, dieses zu erlangen, ist das früher erwähnte von Brunner, wonach die Gewichtszunahme concentrirter Schwefelsäure bestimmt wird, welche einer gegebenen durch sie hindurchströmenden Luftmasse allen Dampf genommen hat. Dieses Verfahren, welches wir der Prüfung anderer Hygrometer zum Grunde legen müssen, ist jedoch zu gewöhnlichen meteorologischen Beobachtungen wenig anwendbar, da die mehrfachen Wägungen vor und nach der Absorption des Dampfes, so wie die zu diesem Prozesse erforderliche Zeit etwa eine Stunde erfordern und

wohl wenige Beobachter die Geduld haben möchten, diese Operation Jahre hindurch mehrmals täglich vorzunehmen.

Ein anderes schon von älteren Physikern empfohlenes Verfahren ist das von Dalton, zu dessen bequemerer Anwendung Daniell ein einfaches in der Folge von Körner und Andern abgeändertes Instrument angegeben haben. Gesezt, es werde eine gegebene Luftmasse langsam erkaltet, so tritt endlich eine Temperatur ein, bei welcher sie mit der in ihr vorhandenen Menge von Dämpfen gesättigt ist; ist diese Temperatur, welche der Thaupunkt heißt, bekannt, so dürfen wir nur in den oben gegebenen Tafeln die ihr entsprechende Menge von Dämpfen aufsuchen. Gesezt, die Temperatur wäre 20° R; finden wir nun, daß der Thaupunkt bei $8^{\circ},5$ R liege, so giebt die obige Tafel für die Elasticität der Dämpfe bei der Temperatur des Thaupunktes $4''',46$, es steht also der Druck der ganzen Dampf-atmosphäre mit einer Quecksilbersäule von $4''',46$ Höhe im Gleichgewichte. Um den Thaupunkt zu finden, nehme man ein gewöhnliches Thermometer mit frei schwebender Kugel, ziehe über letztere einen einfachen Ueberzug von Musselin und schiebe gegen ihre untere Hälfte eine gut schließende Halbkugel von dünnem vergoldeten Silberblech. Tröpfeln wir auf den Musselin etwas Schwefeläther, so verdunstet er sehr schnell, die Temperatur der Kugel wird deprimirt und endlich der Thaupunkt erreicht; so wie dieses geschehen ist, so schlägt sich der in der Luft enthaltene Dampf auf der vergoldeten Halbkugel nieder. Man muß daher die Temperatur, bei welcher das erste schwache Anlaufen des Schälchens erfolgt, so genau als möglich beobachten. Soll das Resultat sicher seyn, so muß man dafür sorgen, daß die Temperaturdepression in der Nähe des Thaupunktes so langsam als möglich erfolge, damit der Apparat in allen seinen Theilen dieselbe Wärme habe; man muß daher namentlich bei etwas feuchtem Wetter nur wenig Schwefeläther auftröpfeln; sollte es sich doch treffen, daß aller Vorsicht ungeachtet das Thermometer zur Zeit des Beschlagens schnell sinkt, so ist es besser, den Versuch zu wiederholen. Nachdem nämlich das Instrument erwärmt ist, werden einige Tropfen aufgegoßen, bis das Thermometer fast bis zum Thaupunkte gesunken ist; hierauf gießt man so wenig hinzu, daß die Temperatur so langsam abnimmt, daß sie nur wenig nie-

driger wird als der Thaupunkt. Durch Uebung lernt man es bald, in dieser Hinsicht das richtige Maaß zu treffen.

Ich will nicht dabei verweilen, die ursprüngliche, etwas complicirtere Vorrichtung von Daniell zu beschreiben. So sehr dadurch unsere Kenntnisse des hygrometrischen Verhaltens der Luft auch gefördert sind, so ist es doch stets ein Versuch, welcher viel Aufmerksamkeit erfordert. Am Abend, wo man Kerzenlicht anwenden muß, habe ich nie den Thaupunkt mit derjenigen Genauigkeit auffinden können, als am Tage, wo die Thaupunkte in mehreren hinter einander angestellten Beobachtungen nur wenig von einander abweichen; gar nicht zu gebrauchen ist das Instrument bei großer Trockenheit, ich habe dann aller Mühe ungeachtet weder in den Ebenen Deutschlands noch auf den Alpen einen Niederschlag erlangen können. Wenn auch weniger vollkommen als das Verfahren von Brunner, liefert dieses Instrument Materialien, um die Sprache anderer Hygrometer zu bestimmen.

Der Thaupunkt giebt uns unmittelbar die Menge von Dampf, welche die Luft im Augenblicke der Beobachtung enthält; jedoch reicht man mit dieser Größe allein nicht aus, wenn die Beschaffenheit der Luft dadurch charakterisirt werden soll. Im Winter ist bei großer Kälte die Luft oft sehr feucht, wenn sie im Sommer bei derselben Dampfmenge sehr trocken ist. Je größer der Unterschied zwischen den Temperaturen des Thaupunktes und der Luft ist, desto trockener ist letztere, sie kann dann noch eine größere Menge von Dämpfen aufnehmen, und die Wahrscheinlichkeit, daß das Wasser aus der Atmosphäre herabfalle, ist kleiner. Giebt uns der Thaupunkt die absolute Dampfmenge an, so bestimmt der Unterschied des Thaupunktes und der Luftwärme die relative Dampfmenge oder den Feuchtigkeitszustand der Luft. Um diese Größe mit Leichtigkeit zu finden, nehmen wir die Dampfmenge, welche die Luft im Augenblicke der Beobachtung enthalten könnte, wofern sie mit Dämpfen gesättigt wäre, dividiren damit in die Dampfmenge, welche sie wirklich enthält, so giebt uns der Quotient, wenn wir ihn mit 100 multipliciren, an, wie viel Procent die Luft von jener ersten Menge enthält. Gesezt, die Temperatur wäre $22^{\circ},4$ R, der Thaupunkt $9^{\circ},7$ R, so ist $4''',98$ die absolute Dampfmenge,

ausgedrückt durch die Länge der Quecksilberssäule; wäre die Luft gesättigt, so wäre die Dampfmenge bei $22^{\circ},4$ R gleich $12''',84$, die Größe $\frac{4,98 \cdot 100}{12,84} = 39$ giebt an, daß die Luft im Augenblicke der Beobachtung 39 Procent derjenigen Dampfmenge enthält, welche sie im Zustande der Sättigung aufnehmen könnte.

Einfacher als die bisher erwähnten Methoden ist das Verfahren von Hutton, welches in der Folge von Leslie modificirt wurde, das aber August in neueren Zeiten wieder in seiner einfachen Gestalt empfohlen hat. Zwei gut gearbeitete Thermometer werden neben einander befestigt, die Kugel des einen mit einem Ueberzuge von Musselin versehen und durch Wasser beständig angefeuchtet. Da dieses verdunstet, so steht es niedriger als das andere, desto mehr, je trockener die Luft und je niedriger der Barometerstand ist. Man ist daher im Stande, durch die Verdunstungskälte den Dampfgehalt der Luft zu finden, und daher nennt August die Vorrichtung *Psychrometer* (*ψυχρός*, kalt). Man beobachtet dabei die Angaben beider Instrumente und den gleichzeitig Statt findenden Barometerstand. Ist dann t die Temperatur des trockenen, t_1 die des nassen Thermometers, beides nach der 80theiligen Scale, b der Barometerstand im Augenblicke der Beobachtung in pariser Linien; hat ferner der Dampf bei den Temperaturen t und t_1 die Elasticitäten e und e_1 und ist E diese Größe, welche die Luft enthält, so ist

$$E = e_1 - 0,001004475 (t - t_1) \cdot b,$$

wenn die Temperatur des nassen Thermometers über dem Gefrierpunkte steht; ist dagegen dieses mit einer dünnen Eiskeinde überzogen, so wird

$$E = e_1 - 0,0009375 (t - t_1) \cdot b.$$

Steht z. B. das trockene Thermometer bei $16^{\circ},8$, das nasse bei $10^{\circ},0$ und ist $b = 333''',5$, so ist $t - t_1 = 6^{\circ},8$, und $0,001004475 (t - t_1) \cdot b = 0,001004475 \cdot 6,8 \cdot 333,5 = 2''',50$. Es ist ferner $e_1 = 5''',10$, also $E = 5''',10 - 2''',50 = 2''',60$. Diese Größe ist die absolute Dampfmenge; bei $16^{\circ},8$ ist $e = 8''',56$, also $\frac{2,60 \cdot 100}{8,56} = 30$ die relative Dampfmenge.

Auf diese Art kann man aus den Angaben beider Thermometer und dem Barometerstande die hygrometrischen Verhältnisse herleiten. Wenn man jedoch eine größere Anzahl von Messungen macht, so wird die Berechnung einer jeden einzelnen Beobachtung weiltäufzig. In diesem Falle ist es am vortheilhaftesten, daß man sich für den mittleren Barometerstand des Wohnortes eine Tafel verfertigt, welche von Zehntel zu Zehntel Gradens fortschreitend für jede Temperatur und psychrometrische Differenz so gleich die absolute und relative Dampfmenge angiebt. Die Verfertigung einer solchen Tabelle ist sehr einfach; man berechnet anfänglich diese Größen für die ganzen Grade der Temperatur und psychrometrischen Differenzen und leitet die zwischenliegenden Größen durch einfache Einschaltung daraus her, so wie man sie bei der Reduction der Beobachtungen immer gebraucht. Ich kann dieses Verfahren nicht dringend genug empfehlen. Wollte man sich die Arbeit dadurch erleichtern, daß man etwa die mittlere psychrometrische Differenz im Monate aufsuchte, so könnten dabei oft sehr bedeutende Abweichungen von der wahren Dampfmenge entstehen.

Ältere Meteorologen bedienten sich bei Bestimmung der hygrometrischen Verhältnisse gewöhnlich organischer Körper. Werden diese einer feuchten Luft ausgesetzt, so absorbiren sie Wasserdampf und dadurch werden ihre Dimensionen geändert. Eins der bekanntesten Instrumente dieser Art ist das Haarhygrometer von Saussure. Ein gesundes Menschenhaar wird durch Kochen in einer schwachen Natronlauge aller seiner natürlichen Feuchtigkeit beraubt und eins seiner Enden in einen Messingrahmen befestigt, während das zweite über eine Rolle geschlagen wird und einen an dieser befestigten Zeiger bewegt. Wird dieses Haar in eine mit Dämpfen gesättigte Luft gebracht, so verlängert es sich, während es in trockener Luft kürzer wird. Den Punkt, wo der Zeiger bei völliger Sättigung stehen bleibt, bezeichnet Saussure mit 100, den Punkt, wo er in ganz trockener Luft steht, mit 0, und das Intervall wird in 100 Grade getheilt.

Dieses Instrument giebt die relative Feuchtigkeit an; wenn man es jedoch in Luftmassen bringt, welche genau bekannte Dampfmengen enthalten, so zeigt die Beobachtung, daß seine

Grade diesen relativen Größen nicht gleich sind. Wenn also das Instrument z. B. auf 80° steht, so enthält die Luft nicht 80, sondern nur 60 bis 70 Procent der Dampfmenge, welche sie enthalten könnte. Wir besitzen über diese Verhältnisse mehrere Untersuchungen, eine von Saussure selbst, welche in der Folge von August genauer berechnet ist; eine andere von Gay-Lussac, aus welcher Biot eine Tafel hergeleitet hat; eine dritte von Prinscp, und eine vierte von Melloni. Ich gebe in der folgenden Tafel die Resultate dieser Untersuchungen von 5 zu 5 Graden des Haarhygrometers.

Hygrometer	Gay-Lussac	Prinscp	Melloni	August
100	100,0	100,0	100,0	100,0
95	89,1	88,7	90,8	94,0
90	79,1	78,2	83,1	86,0
85	69,6	68,3	76,5	79,0
80	61,2	59,2	68,9	71,0
75	53,8	50,6	62,0	64,0
70	47,2	43,6	55,6	56,0
65	41,4	37,2	49,6	48,0
60	36,3	31,5	44,0	41,0
55	31,8	26,3	39,1	36,0
50	27,8	21,8	34,6	31,0
45	24,1	17,7	29,8	27,0
40	20,8	14,3	27,0	23,0
35	17,7	11,4	23,8	19,0
30	14,8	9,1	19,0	16,0
25	12,0	7,1	16,4	13,0
20	9,4	4,9	11,7	10,0
15	7,0	3,0	8,3	7,0
10	4,6	1,6	5,0	4,0
5	2,2	0,6	2,6	2,0
0	0	0	0	0

Variationen des Dampfes im Laufe des Tages.

Wie die oben mitgetheilten Bemerkungen zeigen, so ist die genauere Begründung der Lehre von den Dämpfen ganz eine Arbeit neuerer Zeiten, und eben dieses gilt von den Hygrometern; es sind daher unsere Kenntnisse vom Verhalten des Dampfes in der Atmosphäre noch sehr unvollkommen, und es ist nichts Wünschenswerther, als daß verschiedene Beobachter sich vereinigen, eine größere Anzahl von Aufzeichnungen im Laufe des Tages zu machen, zumal da hier locale Umstände eine bedeutende Rolle zu spielen scheinen. Bis jetzt sind mir nur drei Reihen von Messungen bekannt, bei welchen die Anzahl der Beobachtungen im Laufe des Tages ziemlich groß ist. Die eine derselben machte Reuber zu Apentade während eines Jahres, indem er von 7 Uhr Morgens bis 11 Uhr Abends das Instrument von Daniell alle 2 Stunden beobachtete; von 8 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends beobachtete Kupffer zu Petersburg während eines Jahres das Psychrometer, und eben dieses habe ich zu Halle seit dem Herbst 1831 von 6 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends fast stündlich gethan, außerdem habe ich längere Zeit den Gang des Psychrometers an der Küste der Ostsee, so wie in den Alpen verfolgt. Da auf diese Art meine eigenen Messungen die längste Zeit umfassen, so will ich zunächst deren Resultate mittheilen. Die folgende Tafel enthält die absolute und relative Dampfmenge für jede Stunde des Tages, wobei ich die für die Nacht geltenden Größen durch eine einfache Interpolation gefunden habe.

Verlauf des Dampfes zu Halle in paffter Linien.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Octbr.	Novbr.	Dechr.	Mittel
Mittag	1,904	2,081	2,368	2,727	3,522	4,591	5,153	4,776	4,414	3,664	2,629	2,500	Mittag
1	1,916	2,102	2,369	2,683	3,493	4,556	5,064	4,701	4,382	3,674	2,650	2,501	1
2	1,920	2,137	2,374	2,696	3,490	4,531	5,017	4,697	4,316	3,648	2,651	2,511	2
3	1,924	2,134	2,361	2,699	3,482	4,527	4,972	4,680	4,281	3,611	2,625	2,501	3
4	1,899	2,135	2,345	2,701	3,453	4,586	4,954	4,684	4,233	3,593	2,611	2,495	4
5	1,887	2,116	2,311	2,698	3,505	4,553	4,939	4,719	4,210	3,574	2,581	2,474	5
6	1,878	2,091	2,338	2,713	3,539	4,581	5,037	4,753	4,156	3,591	2,559	2,466	6
7	1,872	2,067	2,318	2,725	3,566	4,636	5,087	4,783	4,149	3,579	2,517	2,443	7
8	1,860	2,042	2,298	2,718	3,581	4,668	5,176	4,812	4,258	3,545	2,502	2,446	8
9	1,851	2,018	2,285	2,703	3,594	4,671	5,209	4,866	4,261	3,475	2,476	2,443	9
10	1,841	2,018	2,269	2,682	3,569	4,605	5,175	4,788	4,277	3,443	2,471	2,431	10
11	1,834	2,007	2,251	2,669	3,524	4,413	5,038	4,694	4,243	3,395	2,441	2,425	11
Mittelnacht	1,824	2,002	2,239	2,655	3,464	4,325	4,914	4,571	4,184	3,366	2,466	2,418	Mittelnacht
13	1,815	1,986	2,212	2,635	3,408	4,280	4,899	4,530	4,062	3,333	2,451	2,414	13
14	1,812	1,986	2,228	2,635	3,464	4,325	4,914	4,571	4,184	3,366	2,466	2,418	14
15	1,811	1,986	2,228	2,635	3,408	4,280	4,899	4,530	4,062	3,333	2,451	2,414	15
16	1,809	1,981	2,218	2,605	3,373	4,230	4,869	4,501	4,014	3,265	2,446	2,405	16
17	1,805	1,983	2,190	2,640	3,470	4,503	5,180	4,782	4,082	3,298	2,441	2,396	17
18	1,799	1,919	2,206	2,693	3,549	4,631	5,302	4,908	4,186	3,322	2,449	2,386	18
19	1,797	1,925	2,206	2,773	3,624	4,625	5,342	5,021	4,326	3,435	2,464	2,374	19
20	1,805	1,937	2,235	2,811	3,632	4,647	5,342	5,021	4,326	3,435	2,464	2,374	20
21	1,805	1,937	2,235	2,811	3,632	4,647	5,342	5,021	4,326	3,435	2,464	2,374	21
22	1,828	1,995	2,323	2,816	3,597	4,613	5,270	4,942	4,451	3,650	2,558	2,480	22
23	1,866	2,046	2,514	2,785	3,574	4,574	5,197	4,862	4,422	3,671	2,597	2,473	23
Mittel	1,843	2,023	2,285	2,634	3,517	4,528	5,106	4,744	4,238	3,488	2,523	2,439	Mittel

Verlauf des Dampfes zu Halle in paffter Linien.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Octbr.	Novbr.	Dechr.	Mittel
Mittag	1,904	2,081	2,368	2,727	3,522	4,591	5,153	4,776	4,414	3,664	2,629	2,500	Mittag
1	1,916	2,102	2,369	2,683	3,493	4,556	5,064	4,701	4,382	3,674	2,650	2,501	1
2	1,920	2,137	2,374	2,696	3,490	4,531	5,017	4,697	4,316	3,648	2,651	2,511	2
3	1,924	2,134	2,361	2,699	3,482	4,527	4,972	4,680	4,281	3,611	2,625	2,501	3
4	1,899	2,135	2,345	2,701	3,453	4,586	4,954	4,684	4,233	3,593	2,611	2,495	4
5	1,887	2,116	2,311	2,698	3,505	4,553	4,939	4,719	4,210	3,574	2,581	2,474	5
6	1,878	2,091	2,338	2,713	3,539	4,581	5,037	4,753	4,156	3,591	2,559	2,466	6
7	1,872	2,067	2,318	2,725	3,566	4,636	5,087	4,783	4,149	3,579	2,517	2,443	7
8	1,860	2,042	2,298	2,718	3,581	4,668	5,176	4,812	4,258	3,545	2,502	2,443	8
9	1,851	2,018	2,285	2,703	3,594	4,671	5,209	4,866	4,261	3,475	2,476	2,443	9
10	1,841	2,018	2,269	2,682	3,569	4,605	5,175	4,788	4,277	3,443	2,471	2,443	10
11	1,834	2,007	2,251	2,669	3,524	4,413	5,038	4,694	4,243	3,395	2,441	2,425	11
Mittelnacht	1,824	2,002	2,239	2,655	3,464	4,325	4,914	4,571	4,184	3,366	2,466	2,418	Mittelnacht
13	1,815	1,986	2,212	2,635	3,408	4,280	4,899	4,530	4,062	3,333	2,451	2,414	13
14	1,812	1,986	2,228	2,635	3,464	4,325	4,914	4,571	4,184	3,366	2,466	2,418	14
15	1,811	1,986	2,228	2,635	3,408	4,280	4,899	4,530	4,062	3,333	2,451	2,414	15
16	1,809	1,981	2,218	2,605	3,373	4,230	4,869	4,501	4,014	3,265	2,446	2,405	16
17	1,805	1,983	2,190	2,640	3,470	4,503	5,180	4,782	4,082	3,298	2,441	2,396	17
18	1,799	1,919	2,206	2,693	3,549	4,631	5,302	4,908	4,186	3,322	2,449	2,386	18
19	1,797	1,925	2,206	2,773	3,624	4,625	5,342	5,021	4,326	3,435	2,464	2,374	19
20	1,805	1,937	2,235	2,811	3,632	4,647	5,342	5,021	4,326	3,435	2,464	2,374	20
21	1,805	1,937	2,235	2,811	3,632	4,647	5,342	5,021	4,326	3,435	2,464	2,374	21
22	1,828	1,995	2,323	2,816	3,597	4,613	5,270	4,942	4,451	3,650	2,558	2,480	22
23	1,866	2,046	2,514	2,785	3,574	4,574	5,197	4,862	4,422	3,671	2,597	2,473	23
Mittel	1,843	2,023	2,285	2,634	3,517	4,528	5,106	4,744	4,238	3,488	2,523	2,439	Mittel

Die Verhältnisse sind nach dieser Tafel ziemlich einfach. Im ganzen Jahre ist in Halle die Dampfmenge am kleinsten um die Zeit des Sonnenaufganges; es scheint, als ob dieses Minimum etwas später eintrete, als die kleinste Wärme; gleichzeitig ist dann wegen der geringen Temperatur die Feuchtigkeit am größten. So wie die Sonne höher steigt und die Wärme zunimmt, beginnt der Verdunstungsprozeß, die Luft erhält in jedem Momente eine größere Menge von Dämpfen; da aber letztere in der Luft einigen Widerstand bei ihrer Bildung erleiden, so entfernt sich die Atmosphäre immer weiter vom Zustande der Sättigung und die relative Feuchtigkeit wird daher kleiner. Letzteres geschieht bis etwa zu der Zeit, wo die größte Wärme eintritt; in Betreff der absoluten Dampfmenge zeigt sich jedoch eine bedeutende Verschiedenheit je nach den Jahreszeiten. Im Winter nämlich nimmt die Dampfmenge ziemlich regelmäßig bis zum Nachmittage zu; wenn dann aber später das Thermometer sinkt, so schlägt sich der Dampf zum Theil an den kälteren Gegenständen nieder, und bis zum folgenden Morgen nimmt die Dampfmenge ab, während in Folge eben dieser Wärmeabnahme die Luft relativ feuchter wird.

Ganz anders ist das Verhalten im Sommer. Dann nämlich nimmt zwar die absolute Dampfmenge am Morgen ebenfalls schnell zu, aber es tritt bereits am Vormittage ein Maximum ein, welches in den verschiedenen Monaten bald früher, bald später Statt findet, und nun nimmt die absolute Dampfmenge wieder bis zur Zeit der größten Tageswärme ab, ohne jedoch einen so geringen Werth zu erreichen, als sie am Morgen hatte. Da während dieser ganzen Zeit die Wärme steigt, so versteht es sich von selbst, daß die Luft sich sehr schnell vom Sättigungspunkte entfernt. Nachdem die Dampfmenge diesen kleinsten Werth erreicht hat, nimmt sie aufs Neue zu, sie erreicht gegen Abend ein zweites Maximum, und nimmt von diesem aus bis zum folgenden Morgen ziemlich regelmäßig ab, während gleichzeitig die Luft relativ feuchter wird. Ich habe auf Taf. I. Fig. 2. den Gang dieser Verhältnisse während des Januar und Julius graphisch dargestellt.

Ogleich die Bestimmungen für jeden Monat auf dem Mittel mehrjähriger Beobachtungen beruhen, so halte ich sie doch nicht für genügend, um alle einzelnen Umstände mit hinrei-

chender Schärfe zu bestimmen. Ein großer Gewinn für die Wissenschaft würde es seyn, wenn wir ähnliche Untersuchungen von einer größeren Anzahl von Orten besäßen; denn es scheint, als ob die Abnahme des Dampfes um die Mittagszeit nicht an allen Orten der gemäßigten Zone auf dieselbe Art erfolge. Jedenfalls ist sie an den Küsten des Meeres geringer als in der Mitte von Deutschland. Dieses beweisen mir Messungen, welche ich in Deep bei Treptow a. d. Rega hart an der Küste der Ostsee während des Sommers 1837 mit denselben Instrumenten gemacht habe, die den Angaben für Halle zum Grunde liegen. Darnach finde ich

Stunde	Julius		August	
	Dampf	Feuchtigkeit	Dampf	Feuchtigkeit
Mittag	5,046	69,3	5,512	65,6
1	5,046	69,0	5,479	64,9
2	5,058	70,3	5,407	63,9
3	4,979	70,1	5,557	67,5
4	4,927	71,0	5,483	68,8
5	4,905	71,9	5,484	71,2
6	4,874	73,0	5,475	73,9
7	4,847	75,6	5,417	77,6
8	4,762	79,4	5,395	81,2
9	4,716	82,1	5,312	81,5
10	4,690	84,0	5,243	82,9
11	4,633	85,2	5,159	84,5
Mitternacht	4,557	85,7	5,064	85,6
13	4,487	85,9	4,986	86,2
14	4,453	86,2	4,958	86,8
15	4,472	86,4	4,956	87,3
16	4,545	86,2	5,007	87,5
17	4,654	84,9	5,109	86,7
18	4,776	82,1	5,246	84,6
19	4,872	78,6	5,370	81,6
20	4,908	75,1	5,526	78,0
21	4,933	72,6	5,562	73,7
22	4,891	69,2	5,608	72,0
23	4,959	68,6	5,572	68,2
Mittel	4,791	77,6	5,329	77,6

Uebersehen wir hier ganz die relative Feuchtigkeit, deren Gang im Laufe des Tages nahe derselbe ist, als in Halle, nur mit dem Unterschiede, daß die Differenz zwischen dem feuchtesten und trockensten Momente geringer ist, so finden wir im Julius eine ziemlich regelmäßige Zunahme der Dampfmenge vom Morgen bis zum Nachmittage, denn einzelne Anomalien wie um 22 Uhr würden wohl durch länger fortgesetzte Beobachtungen entfernt werden; nur im August zeigt sich um Mittag eine Abnahme des Dampfes, welche jedoch weit geringer ist, als in Halle, aber auch hier tritt eben so wie im Julius die neue Zunahme am Abend gar nicht hervor. Und ähnliche Resultate geben die Beobachtungen von Neuber in Apenrade. Nach den Berechnungen von Dove finden wir hier folgende Größen für den Druck des Dampfes.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Junius
7 Morg.	2,54	2,19	2,07	3,00	3,57	4,93
9	2,57	2,20	2,19	3,30	3,94	5,19
11	2,62	2,36	2,32	3,48	4,10	5,53
12	2,71	2,44	2,38	3,57	4,13	5,70
1	2,76	2,47	2,44	3,59	4,18	5,65
3	2,69	2,45	2,41	3,60	4,09	5,63
5	2,61	2,29	2,26	3,43	4,03	5,41
7	2,56	2,16	2,15	3,18	3,84	5,10
9	2,56	2,15	2,13	3,12	3,57	4,68
11	2,56	2,15	2,12	2,97	3,33	4,35

Stunde	Julius	August	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Deabr.
7 Morg.	5,46	5,24	4,88	3,64	2,95	2,72
9	5,90	5,78	5,71	3,93	2,98	2,73
11	6,22	6,27	5,98	4,26	3,19	2,81
12	6,22	6,46	6,07	4,31	3,24	2,83
1	6,34	6,58	6,18	4,37	3,22	2,85
3	6,36	6,45	6,27	4,33	3,16	2,85
5	6,13	6,26	6,05	4,13	3,08	2,80
7	5,18	5,73	5,57	3,90	3,03	2,76
9	5,21	5,31	5,23	3,83	3,00	2,73
11	5,00	4,95	4,91	3,75	2,97	2,72

Da diese Messungen mit dem Hygrometer von Daniell gemacht wurden, so könnte man glauben, daß die bedeutenden Abweichungen dieser Tafel von den für Halle gefundenen Größen ihren Grund in einer Verschiedenheit der benutzten Instrumente haben. Um diese Vermuthung zu prüfen, habe ich mehrere Monate des Sommers 1836 hindurch das erwähnte Instrument gleichzeitig mit dem Psychrometer beobachtet und bei beiden sehr nahe übereinstimmende Werthe für den Druck des Dampfes erhalten. Wir müssen also nothwendig annehmen, daß klimatische Verhältnisse Ursachen der bedeutenden Differenz an beiden Orten sind. Während in Halle sich in jedem Sommermonate eine bedeutende Abnahme der Dampfmenge um die Mittagszeit offenbart, finden wir in Apenrade keine Andeutung davon, vielmehr steigt und sinkt dieselbe gleichzeitig mit der Wärme, und die Unterschiede zwischen dem größten und geringsten Werthe sind weit größer als in Halle.

Um diese Verschiedenheiten zu beurtheilen, würde es erforderlich seyn, das Gesetz zu kennen, nach welchem sich diese Variationen richten; da jedoch die Zahl der Messungen zu klein ist, um dieses zu entwickeln, so lassen sich darüber nur einige allgemeine Andeutungen geben. Wir müssen den ganzen Unterschied als eine Wirkung theils des aufsteigenden Luftstromes, theils des Widerstandes ansehen, welchen die Luft der Bewegung der Dämpfe entgegensetzt. Wenn nämlich am Morgen mit der Zunahme der Wärme die Verdunstung beginnt, so findet der Dampf den mehrfach erwähnten Widerstand in der Luft, und in der Nähe des Bodens zeigt sich daher in den ersten Morgenstunden eine schnelle Zunahme der Dampfmenge, wie es die Beobachtungen an allen Orten zeigen. Diese Anhäufung scheint sich nicht bis zu bedeutender Höhe zu erstrecken; so wie indessen namentlich im Sommer der aufsteigende Luftstrom beginnt, so werden die Dämpfe von ihm gleichzeitig mit in die Höhe gerissen, desto mehr, je lebhafter er selbst ist, was besonders um die Zeit der größten Tageswärme geschieht. Obgleich daher die Verdunstung des Bodens jetzt wegen erhöhter Temperatur mit größerer Schnelligkeit erfolgt, als am Morgen, so hat doch der aufsteigende Luftstrom das Uebergewicht und es zeigt sich daher eine Abnahme der Dampfmenge. Wenn das Thermometer gegen

Abend zu sinken anfängt, so nimmt der aufsteigende Luftstrom an Stärke ab, ja er hört endlich ganz auf. Es erfolgt nun nicht bloß ein längeres Verweilen des fortwährend gebildeten Dampfes in den unteren Schichten, sondern dieser sinkt sogar zum Theil aus der Höhe herab, und daher finden wir gegen Abend eine neue Zunahme, worauf die in der Nacht erfolgenden Niederschläge, wie Thau u. s. w., Ursache der neuen Abnahme bis zum folgenden Morgen sind.

Wenn wir in einem Gebirge auf verschiedenen hochgelegenen Punkten diese Verhältnisse erforschen, dann erkennen wir mit großer Bestimmtheit die Richtigkeit des Gesagten. Während nämlich in geringer Höhe die Dampfmenge um Mittag eben so abnimmt, als ich eben für Halle angab, finden wir an den oberen Punkten im Laufe des Tages eine schnelle Zunahme und am Abend eine schnelle Abnahme der Dampfmenge, beides, wie es scheint, desto mehr, je höher der Punkt liegt. Ich habe im Juni 1832 und 1833 auf dem Rigi (5500 Fuß) und im September und October derselben beiden Jahre das Hygrometer auf dem Faulhorne (8200 Fuß) stündlich beobachtet, während Horner dasselbe in Zürich that. Die Mittel beider Jahre ergeben für relative und absolute Verhältnisse die folgenden Größen:

Stunde	Zürich		Rigi		Zürich		Faulhorn	
	Absol.	Rel.	Absol.	Rel.	Absol.	Rel.	Absol.	Rel.
Mittag	4,840	58,9	3,344	80,3	4,445	64,0	2,156	73,4
1	4,870	58,7	3,322	78,2	4,370	60,7	2,232	75,7
2	4,898	58,6	3,291	78,6	4,375	59,2	2,256	77,0
3	4,838	60,0	3,280	79,8	4,331	57,9	2,286	80,7
4	4,864	60,9	3,211	81,2	4,278	58,8	2,189	80,8
5	4,950	63,8	3,131	82,7	4,372	63,6	2,046	80,5
6	4,977	66,6	3,096	85,2	4,418	69,5	1,914	78,5
7	4,971	71,4	3,031	85,7	4,370	74,1	1,843	77,6
8	5,025	76,3	2,966	86,4	4,281	76,7	1,776	76,1
9	5,010	79,6	2,971	87,3	4,185	78,7	1,741	75,8
10	4,935	81,7	2,950	87,8	4,097	80,4	1,710	75,0
11	4,900	83,8	2,919	87,8	4,026	81,6	1,683	74,4

Stunde	Zürich		Rigi		Zürich		Faulhorn	
	Absol.	Rel.	Absol.	Rel.	Absol.	Rel.	Absol.	Rel.
Mittern.	4,854	85,3	2,896	87,7	3,962	82,4	1,654	73,7
13	4,801	86,7	2,874	87,7	3,893	83,1	1,622	73,0
14	4,748	87,7	2,850	87,6	3,818	83,8	1,591	72,6
15	4,705	89,0	2,821	87,5	3,746	84,8	1,565	72,3
16	4,683	90,0	2,795	87,5	3,689	85,7	1,550	72,1
17	4,687	89,7	2,778	87,0	3,680	86,4	1,550	71,9
18	4,740	86,9	2,847	85,7	3,716	86,8	1,559	71,9
19	4,822	82,4	2,909	84,6	3,757	84,5	1,607	70,6
20	4,935	76,9	2,996	83,4	3,931	80,6	1,678	69,8
21	4,902	69,9	3,111	81,2	4,162	76,2	1,773	69,7
22	4,910	65,1	3,222	81,1	4,223	70,4	1,894	71,3
23	4,899	61,7	3,293	81,5	4,329	67,1	2,050	71,8
Mittel	4,865	74,6	3,037	84,3	4,102	74,8	1,830	74,4

Vergleichen wir zunächst die absolute Dampfmenge in Zürich und auf dem Rigi, so ist der Druck der Dampfathmosphäre an beiden Orten um die Zeit des Sonnenaufganges am kleinsten und erreicht in der Tiefe um etwa 9 Uhr Morgens einen größten Werth; hierauf folgt eine schwache Abnahme derselben, so daß wir um etwa 3 Uhr eine Größe finden, welche etwa 0^{'''},1 kleiner ist, als am Morgen; indem die Dampfmenge aufs Neue zunimmt, tritt um die Zeit des Sonnenunterganges ein zweiter größter Werth ein, und nun nimmt die Menge des Dampfes ziemlich regelmäßig bis zum folgenden Morgen ab. Auf dem wenigen Stunden entfernten, aber über 4000 Fuß höher liegenden Rigi fehlt diese Abnahme um die Mittagszeit gänzlich, der aus den Ebenen schnell in die Höhe geführte Dampf ist Ursache, daß seine Menge bis zum Mittage zunimmt, und wenn gleich am Abend auch hier die Dämpfe aus den oberen Schichten in die Tiefe sinken, so gehen sie doch von diesem Punkte sogleich weiter nach unten. Noch entschiedener zeigen dieses die Beobachtungen auf dem Faulhorne, wo der größte Druck des Dampfes erst einige Stunden nach dem Mittage eintritt. Taf. I. Fig. 3. enthält eine graphische Darstellung der gleichzeitigen Verhältnisse in Zürich und auf dem Faulhorne.

Diese bedeutenden Verschiedenheiten im Gange der absoluten Dampfmenge führen aber noch weit auffallendere Ungleichheiten in Betreff der relativen Feuchtigkeit mit sich, welche so lebhaft hervortreten, daß Saussure, de Luc und andere Reisende in den Alpen diese bereits mit wenig vollkommenen Instrumenten zu erkennen im Stande waren. Wenn nämlich am Morgen der aufsteigende Luftstrom mit Lebhaftigkeit die Dämpfe aus der Tiefe in die Höhe führt, so werden dort die Dämpfe mit Schnelligkeit fortgeführt und die Luft wird relativ weit trockener, als es in Folge der bloßen Zunahme der Wärme der Fall gewesen seyn würde. Indem diese Dämpfe nach oben kommen, nimmt hier die Trockenheit weniger schnell zu, zumal wenn wir dabei zugleich erwägen, daß die Wärme sich in den oberen Luftschichten während des Tages weit weniger ändert, als in der Tiefe; ja an sehr hohen Punkten kann es geschehen, daß am Tage die Luft wegen der schnellen Zunahme der Dämpfe relativ feuchter wird, und daß ihre Trockenheit ungeachtet der Erkaltung zunimmt, wenn am Abend die Dämpfe in die Tiefe sinken. Meine Beobachtungen zeigen dieses Resultat auf eine sehr bestimmte Weise. Denn während wir in Zürich und auf dem Rigi noch nahe dieselbe Abhängigkeit der relativen Feuchtigkeit von den Tageszeiten treffen, sind doch die Aenderungen während des Tages in der Höhe weit geringer. In Zürich nämlich finden wir zwischen 16 Uhr und 2 Uhr einen Unterschied von 31,4 Prozent, auf dem Rigi dagegen zwischen 16 Uhr und 1 Uhr nur eine Differenz von 9,3 Prozent. Auf dem mehrere tausend Fuß höher liegenden Faulhorne endlich ist der Gang dieses Phänomenes fast ganz umgekehrt, denn der trockenste Moment findet am Morgen, wenige Stunden später als derjenige Statt, wo die Luft unten am feuchtesten ist, und eben so ist die Feuchtigkeit am Nachmittage dann in der Höhe am größten, wenn sie unten am kleinsten ist. Es wird also in einer gewissen Höhe einen Punkt geben, aus welchem das Hygrometer während des ganzen Tages stets denselben Stand haben wird.

Ich bin bei Entwicklung dieser Verhältnisse ausführlicher gewesen, weil sich daraus mehrere interessante Phänomene herleiten lassen, welche ich in der Folge näher berühren werde. Mit Einfachheit ergibt sich hier nun aber der vorher berührte Unter-

schied im Gange des Dampfes an den Küsten des Meeres und im Innern des Landes. Zu der Zeit nämlich, wo im Lande der aufsteigende Luftstrom lebhafter wird und die Dämpfe nach oben führt, erhebt sich an der Küste der Seewind, welcher über das Wasser fortstreichend neue Dämpfe herbeiführt und dadurch Ursache wird, daß sich am Boden eine größere Menge derselben besindet, als ohne diesen Umstand der Fall seyn würde.

Dampfverhältnisse während des Jahres.

Da der Dampf durch Einwirkung der Wärme auf das Wasser erzeugt wird, so folgt von selbst, daß er sich gänzlich mit der Temperatur im Laufe des Jahres ändern müsse. Dieses zeigen auch die wenigen Messungen, welche darüber in neueren Zeiten angestellt sind. Es möge genügen, hier diejenigen Resultate anzuführen, welche ich in Betreff der absoluten und relativen Dampfmenge in Halle gefunden habe.

Monat	Absolut	Relativ
Januar	1,999	85,0
Februar	2,105	79,9
März	2,264	76,4
April	2,769	71,4
Mai	3,474	69,1
Juni	4,537	69,7
Juli	5,154	66,5
August	4,744	66,1
September	4,238	72,8
October	3,488	78,9
November	2,502	85,3
December	2,482	86,2

Im Januar, wo die Wärme am kleinsten ist, finden wir in der Luft die kleinste Dampfmenge, gleichzeitig aber erreicht die relative Feuchtigkeit nahe ihren größten Werth. So wie die Wärme im Winter und Frühlinge steigt, nimmt die Dampfmenge wegen der vermehrten Verdunstung zu. Dieses geschieht anfänglich langsam, zum Theil wohl deshalb, weil dann häufig Ostwinde

wehen, die aus dem Innern des Festlandes trockene Luft herbeiführen; dabei darf jedoch der Umstand nicht übersehen werden, daß die für Winter und Frühling gefundenen Größen wahrscheinlich bedeutend von denjenigen abweichen, welche ein Mittel vieler jähriger Beobachtungen geben würde, da die letztverflossenen Winter wärmer, die Frühlinge dagegen kälter waren, als gewöhnlich der Fall ist; daher werden für jenen zu große, für diesen zu kleine Werthe gefunden seyn. So erreicht die Dampfmenge ihren größten Werth im Julius und gleichzeitig ist dann die Luft am trockensten: ein hinreichender Beweis von dem Widerstande, welchen die Luft der Ausbreitung der Dämpfe entgegensetzt. Wenn nun die Wärme gegen den Winter hin abnimmt, so vermag sie nicht mehr so viel Dämpfe zu entwickeln, als sich im Regen, Thau u. s. w. niedergeschlagen haben, ihre Menge nimmt also bis zum Ende des Jahres ab, gleichzeitig aber nimmt die Feuchtigkeit sehr schnell zu und scheint im November und December sogar größer zu seyn, als im Januar: eine Thatsache, welche auch durch das unfreundliche, nasskalte Wetter dieser beiden Monate erwiesen wird.

Allenthalben, wo bis jetzt Messungen dieser Art gemacht sind, finden wir einen ähnlichen Gang, selbst in Ostindien, wo die Aenderungen der Temperatur im Laufe des Jahres bedeutend von denen in unseren Gegenden abweichen, zeigt sich nach den Beobachtungen von Prinsep in Benares die Zunahme der Dampfmenge gegen den Julius und ihre Abnahme gegen den Januar auf dieselbe Art.

Dampfverhältnisse in verschiedenen Gegenden der Erde.

Es würde für viele Untersuchungen von großer Wichtigkeit seyn, wären wir im Stande, die Dampfmenge in verschiedenen Gegenden der Erde durch Zahlen auszudrücken. Das ganze Leben der Pflanzen und zum Theil der Thiere, der Charakter der Landschaft, hängt von diesem Elemente eben sowohl als von der Wärme ab, und feuchte oder trockene Luft haben auf das Gedeihen des Menschen so wie auf Entwicklung oder Hemmung von Krankheiten den entschiedensten Einfluß. Bis jetzt aber fehlt es fast ganz an umfassenden Beobachtungen hierüber, daher müssen

die folgenden Bemerkungen als eine erste Annäherung an die Wahrheit angesehen werden, und ich theile sie mit dem Wunsche mit, daß Beobachter uns recht bald in den Stand setzen mögen, ihre Wahrheit oder Unwahrheit zu prüfen.

Zunächst ist es gewiß, daß die Dampfmenge von dem Aequator nach den Polen hin regelmäßig abnimmt, weil die Wärme in derselben Richtung kleiner wird; wie sich in ähnlichen Localitäten aber in verschiedener Breite die relative Feuchtigkeit verhalte, ob sie nämlich nach dem Pole hin größer oder kleiner werde, oder ob sie unverändert bleibe, darüber wage ich keine Vermuthung auszusprechen. Auf dem hohen Meere scheint dieses relative Verhältniß in allen Breiten dasselbe zu seyn, ja es scheint, als ob die Luft hier durchschnittlich so feucht sey, daß sie von Dämpfen des Seewassers gesättigt werde. Wenn wir nämlich reines Wasser, Salzlösungen, verdünnte Säuren u. s. w. in einen Recipienten bringen, so wird letzterer nach einer hinreichend langen Zeit zwar mit Dämpfen gesättigt, doch ist die Menge der letzteren bei gleicher Temperatur nicht dieselbe. Sie ist am größten bei reinem Wasser, kleiner bei den übrigen Flüssigkeiten, das Verhältniß hängt von der Beschaffenheit der Lösungen ab. Nehmen wir z. B. Mischungen von Wasser und Schwefelsäure, so wird die Dampfmenge desto kleiner, je größer die Menge der darin enthaltenen Schwefelsäure ist, so daß die Luft im letztern Falle fast ganz trocken bleibt. Selbst wenn wir durch eine Oeffnung in den Recipienten eine größere Menge von Wasserdämpfen strömen lassen, würde doch bald eben dieses Verhältniß wieder hergestellt werden. Wenn gleich auch bei diesen Verbindungen die Wärme dahin wirkt, Dämpfe zu entwickeln, so haben auf der andern Seite die Schwefelsäure und viele Salze eine so große Anziehung zum Wasser, daß sie sich der Dampfbildung widersetzen. Können sie dieselbe auch nicht ganz aufheben, so hemmen sie dieselbe wenigstens, und es entwickeln sich daher nur so viel Dämpfe, als das Gleichgewicht zwischen diesen beiden Kräften, nämlich der Dampf bildenden Kraft der Wärme einerseits und der Verwandtschaft der beiden Bestandtheile der Lösung zuläßt; würde mit Gewalt eine größere Menge von Dämpfen in diesen Raum gebracht, so würde die Menge, welche größer ist, als die zur Sättigung unter den erwähnten Umständen erforder-

verliche, durch die Anziehung der Säure oder des Salzes angezogen und in Wasser verwandelt werden. Man kann sich von diesen Verhältnissen sehr leicht dadurch überzeugen, daß man ein Haarygrometer mit diesen Verbindungen in den Recipienten bringt; nur dann wenn wir reines Wasser anwenden, steht dieses auf 100, in allen übrigen Fällen hat es einen geringeren Stand, welcher von dem Verhältnisse zwischen den Dampfmengen abhängt.

Wenden wir diese Betrachtungen auf vorliegendes Problem an, so enthält das Meerwasser eine größere oder geringere Menge von Salzen, welche Ursache sind, daß sich aus ihm nicht so viel Dämpfe entwickeln, als aus destillirtem; stellen wir Vergleichen beider bei verschiedenen Temperaturen an, so ist die Dampfmenge, welche sich aus dem Meerwasser entwickelt, nahe eben so groß, als die aus destillirtem Wasser entstehende, wosfern dieses etwa $3^{\circ},5$ Kälter ist, als jenes; um dieselbe Größe liegt aber durchschnittlich der Thaupunkt über dem Meere unter der Temperatur des Meerwassers, so daß wir also über den größeren Oceanen so viel Dampf antreffen, als sich aus ihnen entwickeln kann.

Auf dem Lande ist bei einerlei Breite die Dampfmenge unstreitig an den Küsten am größten und nimmt gegen das Innere des Landes ab, weil hier der zum Theil trockene Boden nur wenig Dämpfe entwickelt, und im Innern der Continente finden wir daher allenthalben eine große Trockenheit. Dieses ist im Innern der Vereinigten Staaten von Nordamerica, den Ebenen am Orinoco eben so der Fall, als in den Steppen Sibiriens, den Wüsten Asiens und Africas, so wie in dem Innern von Neu-Holland. Es zeigt sich hiebei recht auffallend der große Verband zwischen allen Vorgängen im Haushalte der Natur; denn weil die Wüsten Africas so ungemein dürr sind, so kann keine Verdunstung erfolgen, die große Hitze, die durch den trockenen Sand gesteigert wird, verhindert die Niederschläge von Wasser, und so ist diese Gegend dazu verdammt, ewig trockene Wüste zu bleiben.

Hygrometrisches Verhältniß in der Höhe und Tiefe.

Die Frage, welche ich gegenwärtig behandeln will, betrifft einen Umstand, der für die Lehre von den Veränderungen des Wetters von der größten Wichtigkeit ist. Sind nämlich die oberen Luftschichten trockener oder feuchter als die unteren? Wir müssen bei Betrachtung des Gegenstandes eben so wie bei allen bisherigen Untersuchungen die absolute Dampfmenge und den relativen Feuchtigkeitsstand wohl unterscheiden. Erstere anlangend, so bedarf es keines ausführlichen Beweises, daß der Druck der Dampf-atmosphäre desto kleiner werde, je mehr wir uns vom Boden entfernen; nicht nur zeigen dieses alle Versuche auf eine bestimmte Weise, sondern es folgt auch von selbst, daß die Dichtigkeit der Dampf-atmosphäre mit der Höhe eben so abnehme, als die der Luft; wenn in einzelnen Fällen Ausnahmen beobachtet sind, so gehören diese eben so zu den ungewöhnlichen Störungen der Witterung, als die Erfahrungen, wo die Temperatur der Luft in der Höhe größer war, als in der Tiefe. Die ganze Frage dreht sich daher nur um den relativen Zustand, und hier sind die Ansichten der Physiker getheilt.

Saussure und de Luc, diejenigen Physiker, welche zuerst vollkommene Hygrometer nach den oberen Luftschichten brachten, bei ihren Untersuchungen aber nicht immer die beiden erwähnten Verhältnisse mit hinreichender Schärfe unterschieden, behaupteten, die Luft wäre in der Höhe weit trockener, als unten. Dieser von den Physikern ziemlich allgemein angenommene Ausspruch wurde durch diejenigen Erfahrungen bestätigt, welche A. v. Humboldt bei seinem mehrjährigen Aufenthalte im tropischen America sammelte. Aber ungeachtet der Autorität so ausgezeichneten Beobachter glaube ich die Allgemeinheit dieses Satzes bezweifeln zu müssen.

Wenn man längere Zeit an einem hohen Punkte in den Alpen das Hygrometer bei verschiedenen Zuständen der Witterung beobachtet, dann findet man allerdings zuweilen eine Trockenheit der höheren Luftschichten, von welcher man in der Tiefe kaum einen Begriff hat; es ist dieses bei dem heitern Wetter der Fall,

welches die Gebirgsreisenden so sehr wünschen und wo die ganze Bergkette sich frei von Nebeln und Wolken zeigt. Ich habe dann sehr häufig bemerkt, daß der Schnee, mit großer Schnelligkeit geschmolzen, den Boden kaum anfeuchtete, weil das gebildete Wasser sogleich in Dämpfe verwandelt wurde. Hölzer, die in der Sonne lagen, warfen sich dabei mit unglaublicher Schnelligkeit. Ist dieses schon da der Fall, wo das Hygrometer in der Nähe des verdunstenden Bodens hängt und nothwendig durch eine locale Dampfathmosphäre afficirt wird, so muß es noch weit mehr der Fall seyn, wenn wir uns etwa in einem Luftballon frei in die Atmosphäre erheben. Während wir jedoch dann in der Höhe eine weit größere Trockenheit finden, als in der Tiefe, dürfen wir nicht vergessen, daß dann wieder Tage und Wochen folgen, während welcher die Bergspitzen nicht bloß gesättigt, sondern sogar mit dicken Nebeln bedeckt sind, wenn gleichzeitig das untere Hygrometer weit vom Zustande der Sättigung ist; ganz auf dieselbe Art finden wir oft bei ziemlich trockenem Wetter den Himmel über den Ebenen dicht mit Wolken bedeckt. Erwägen wir nun, daß die meisten älteren Beobachtungen von Saussure und de Luc auf einzelnen Alpenwanderungen gemacht wurden, zu denen sie schönes Wetter wählten, so wird begreiflich, daß die von ihnen gefundenen Größen bedeutend von denen abweichen müssen, welche beim mittleren Zustande der Atmosphäre beobachtet seyn würden. Bei einer Beurtheilung der Beobachtungen Humboldt's aber dürfen wir nicht den Umstand übersehen, daß die tiefer liegenden Orte sich meistens in der Nähe der Küsten, die höher liegenden aber im Innern von Südamerica befanden, zu denen der hier wehende Ostwind erst gelangte, nachdem er über bedeutende Länderstrecken gegangen war; man würde also hier auch in geringer Höhe eine weit größere Trockenheit finden, als an der Küste. Saussure hat zwar in den Alpen eine Reihe von Messungen während eines 16tägigen Aufenthaltes auf dem Col du Géant (1770¹) gemacht, während gleichzeitig das Hygrometer in Genf und im Charmouthale beobachtet wurde, aber leider hat der scharfsinnige Schöpfer der neuern Hygrometrie bei der Reduction seiner Beobachtungen alle diejenigen Tage ausgeschlossen, an welchen er von Nebeln umgeben war, und so mußte er nothwendig eine Trocken-

heit in der Höhe finden, welche größer war, als die mittlere während seines Verweilens in jener Gegend.

Betrachtungen dieser Art ließen mich bei Bearbeitung meines Lehrbuches der Meteorologie die herrschende Ansicht über die große Trockenheit der höheren Luftschichten bezweifeln, und zwei Reisen nach den Alpen haben dieses bestätigt. Während nämlich im Mittel von 9 Wochen die Luft in Zürich nur 74,6 Procent von der zur Sättigung erforderlichen Dampfmenge enthielt, betrug diese Größe auf dem Rigi 84,3 Procent. Nach 11 wöchentlichen Beobachtungen im August, September und October in Zürich war diese Größe 74,8, dagegen auf dem Faulhorne 74,4; wir müssen daher annehmen, daß in einem längern Durchschnitte die Luft der höheren Schichten wenigstens eben so feucht sey, als in der Tiefe.

Meine Erfahrungen zeigen mir zugleich den großen Einfluß, welchen die Witterung auf dieses Phänomen hat, ein Einfluß, welcher sich in der Region der Wolken weit mehr zu erkennen giebt, als in der Tiefe. Die Zeit, während welcher ich im Jahre 1832 auf dem Faulhorne verweilte, zeichnete sich durch große Heiterkeit aus, nur an wenigen Tagen war der Himmel bewölkt, oder ich von Nebeln eingeschlossen. Dagegen war das Ende des Sommers 1833 hier so wie in ganz Deutschland sehr naß, und nur selten sah ich mehrere Stunden hinter einander die Sonne; heftige Regengüsse und starkes Anschwellen der Flüsse richteten in der Schweiz vielen Schaden an. Die relative Feuchtigkeit war im Jahre 1832 in Zürich 74,4, auf dem Faulhorne 63,3; im Jahre 1833 in Zürich 75,3, auf dem Faulhorne 85,5. Während also in dem ersten dieser Jahre die Luft in der Höhe weit trockener war, als in der Tiefe, fand im folgenden das Gegentheil Statt, aber es war vorzugsweise in der Höhe, wo sich der verschiedene Character beider Witterungen zu erkennen gab.

Es bleibt uns noch übrig zu untersuchen, worin diese Ungleichheit der relativen Feuchtigkeit zunächst ihren Grund habe. Allerdings würden zu einer vollständigen Ausmittelung dieses Gegenstandes mehrjährige Beobachtungen erforderlich seyn, da jedoch diese nicht vorhanden sind, so will ich meine eigenen Erfahrungen zum Grunde legen. Die erste Betrachtung, welche sich darbietet, ist die Annahme, daß die Elasticität des Dampfes bei

trocknem Wetter schneller nach oben abnimmt, als bei feuchtem; doch scheint dieser Umstand allein nicht die ganze Verschiedenheit zu bedingen, denn im Jahre 1832 war der Druck der Dampfsphäre auf dem Faulhorne $1''',662$, in Zürich $3''',900$; die Messungen des Jahres 1833 gaben diesen Größen die Werthe 1,998 und 4,305, während also in dem trockenen Jahre 1832 die Dampfmengenge auf dem Faulhorne 0,43 von der in Zürich ist, beträgt sie in dem nassen Jahre 1833 0,46 derselben; und wenn sich hier gleich eine Zunahme in dem letztern Jahre zeigt, so ist diese doch zu gering, um die oben erwähnte bedeutende Differenz zu bedingen. Weit einflussreicher zeigt sich das zweite hiebei wirksame Element, nämlich die Temperatur. Diese betrug im Jahre 1832 in Réaumur'schen Graden in Zürich $10^{\circ},14$, auf dem Faulhorne $1^{\circ},97$; im Jahre 1833 in Zürich $11^{\circ},34$, auf dem Faulhorne $0^{\circ},41$; im erstern Jahre mußte man sich um 148 Loisen erheben, wenn die Wärme um 1° R sinken sollte, im zweiten betrug diese Größe nur 105 Loisen; es wird hiernach also sehr wahrscheinlich, daß die Wärme sich bei heiterm Wetter nach der Höhe weit langsamer ändere, als bei trübem, ja daß in dieser durch Winde und andere Umstände bewirkten Verschiedenheit selbst einer der wichtigsten Gründe für diese Ungleichheit im Ansehen des Himmels liegt¹⁾.

Hieraus müssen wir uns zum Theil die vielfachen Klagen über die Unzuverlässigkeit der Hygrometer erklären. Nicht selten nämlich geschieht es, daß das Hygrometer eine ziemlich große Trockenheit der Luft anzeigt, während der Himmel trübe ist, oder

1) Es ist sehr zu bedauern, daß das von den Mönchen auf dem St. Bernhard geführte Tagebuch keine brauchbaren Materialien zur Aufstellung dieses Gegenstandes liefert. Zwar bedienen sie sich eines trefflichen Haarthygrometers, aber die Art seiner Aufstellung raubt allen Messungen ihren Werth. Statt nämlich das Instrument im Freien zu befestigen, haben sie es an der Wand zwischen den Doppelfenstern eines geheizten Corridors angebracht; wenige Minuten vor der Beobachtung wird dann das äußere Fenster geöffnet. Auf diese Art erhält man eine Größe, auf welche der Feuchtigkeitszustand des eingeschlossenen Raumes einen zu großen Einfluß hat. Alle Folgerungen, welche ich in meinem Lehrbuche der Meteorologie aus diesen Aufzeichnungen hergeleitet habe, sind aus diesem Grunde unbrauchbar.

das Wasser sogar als Regen herabfällt; zu anderen Zeiten dagegen zeigt sich heiteres Wetter bei ziemlich feuchter Luft. Da die meteorologischen Beobachtungen häufig nur in der Absicht angestellt werden, das Wetter vorauszusagen, so ist allerdings denjenigen Beobachtern, welche dazu dann und wann die Instrumente ansehn, eine solche Klage um so eher erlaubt, da sie die dabei zu beachtenden Umstände gänzlich übersehen. Wir dürfen vor Allem nicht vergessen, daß Thermometer und Hygrometer nur die Verhältnisse angeben, welche bis zu geringer Entfernung von der Stelle Statt finden, an welcher sie sich befinden; schon für eine Höhe von wenigen Hunderten von Fuß über dem Beobachtungsorte lehren sie uns nichts mehr. Gesezt nun, die Dampfmengenge nehme nach der Höhe ziemlich regelmäßig ab, die Luft sey aber in der Höhe von wenigen tausend Fuß einige Grade kälter, als es der Fall seyn würde, wenn man die Wärme am Boden zum Grunde legte und den Thermometerstand in dieser Höhe nach der Annahme berechnete, daß dieses Instrument für jede 100 Loisen um 1° sinke, so könnte der Himmel dick bewölkt seyn, während die Luft am Boden ziemlich trocken ist. Umgekehrt darf die Luft in eben dieser Höhe nur im Vergleich mit der am Boden ungewöhnlich warm seyn, und wir finden bei völlig heiterm Himmel eine sehr feuchte Luft in der Tiefe.

Da die Lage der Dinge es uns völlig unmöglich macht, die Verhältnisse in der Höhe von einigen tausend Fuß über unserm Standorte genauer zu erforschen, so wird eine solche Vorausbestimmung der Witterung nach dem bloßen Hygrometer stets ein unsicheres Bemühen seyn, obgleich gerade die Feuchtigkeit der Luft dabei das wichtigste Moment ist. Wir werden in der Folge die Wichtigkeit barometrischer Beobachtungen bei dieser Aufgabe kennen lernen; zunächst wollen wir den Einfluß eines andern Elementes, nämlich der Winde, betrachten.

Einfluß der Winde auf die Dampfverhältnisse der Atmosphäre.

Schon eine Menge Erfahrungen aus dem gemeinen Leben weisen uns darauf hin, daß die Luft nicht bei allen Winden einerlei Feuchtigkeit besitze. Wenn wir im Sommer feuchte Gegenden der Luft aussetzen, wenn der Landmann sein Getreide, die

Hausfrau ihre Wäsche trocknen will, so ist ihr Wunsch in kurzer Zeit befriedigt, wenn anhaltend Ostwinde wehen, aber bei westlichen Winden wird in der Regel eine vielfach größere Zeit zur Beendigung der Arbeit erfordert; manche Operationen in den Gewerben, namentlich in der Färberei, zeigen diese Verschiedenheit ebenfalls, indem sie nur bei östlichen Winden gut gelingen. So belehrend jedoch diese Erfahrungen auch sind, so müssen wir doch bei einer wissenschaftlichen Behandlung der Meteorologie diese Verschiedenheiten an dem Hygrometer selbst aufsuchen.

Um den Einfluß der Winde auf die hygrometrischen Verhältnisse der Luft mit Genauigkeit anzugeben, ist eine mehrjährige Reihe von Beobachtungen erforderlich, damit die einzelnen Anomalieen einen geringern Einfluß auf das Resultat haben. Man stellt dann sämtliche Angaben des Hygrometers, die bei jedem Winde Statt finden, einzeln zusammen, nimmt das arithmetische Mittel derselben und erhält auf diese Art eine hygrometrische Windrose für den Beobachtungsort. So einfach jedoch diese Arbeit zu seyn scheint, so sind doch mehrere Umstände zu berücksichtigen, falls die Resultate scharf seyn sollen. Da nämlich nach dem früher Gesagten die Dampfverhältnisse eine bestimmte tägliche und jährliche Periode zeigen, so würde man einen großen Fehler begehen, wollte man sämtliche Beobachtungen unmittelbar so zusammenstellen, wie sie sich in den Tagebüchern finden. Wir haben früher gesehen, daß die Dampfmenge im Sommer größer sey, als im Winter. Gesezt nun, der NWind habe im Winter 10 Mal, im Sommer 30 Mal geweht, so würden wir für diesen Wind eine zu große Dampfmenge erhalten, wenn wir das Mittel dieser 40 Beobachtungen sogleich nähmen. Das sicherste Verfahren, hier ein sicheres Resultat zu erlangen, ist folgendes:

Bei einer größern Zahl täglicher Beobachtungen, wie ich deren in Halle angestellt habe, suchte ich an jedem Tage die mittlere Windrichtung auf und bezog die hygrometrischen Verhältnisse nur auf diese; in dem einzigen Falle, wo bei bedeutenden Aenderungen des Witterungscharakters der Wind plötzlich von einer Richtung nach einer andern, z. B. von SW. nach NW übersprang, rechnete ich die Dampfverhältnisse des Tages sowohl zum SW als zum NW. So stellte ich für jeden Wind die Beob-

achtungen jedes Monates zusammen und erhielt demgemäß die mittleren Dampfverhältnisse zu den einzelnen Stunden in diesem Monate. Hätte nun derselbe Wind in jedem Monate nahe gleich häufig geweht, so könnte man die sämtlichen in den einzelnen Monaten gefundenen Größen zusammen addiren und ihre Summe durch ihre Anzahl dividiren. Da jedoch die Windverhältnisse einzelner Jahre und Jahreszeiten Verschiedenheiten zeigen, so ist dieses Verfahren nicht erlaubt, und es bleiben nur noch zwei Wege übrig. Wir leiten das Mittel der einzelnen Stunden in jedem Monate her, und indem wir auf diese Art die monatlichen Mittel behalten, wird daraus das jährliche Mittel abgeleitet. Dieser Weg führt schnell zum Ziele und giebt Größen, welche naturgemäßer sind, als die unmittelbare Benutzung von sämtlichen durch die Erfahrung gegebenen Werthen; wenn jedoch, wie es im Durchschnitte von wenigen Jahren häufig geschieht, ein Wind in dem einen Monate oft, in einem andern selten geweht hat, so geben wir diesem Mittel weniger Beobachtungen ein eben so großes Gewicht, als einer größern Zahl von Messungen. Ich glaube auf folgende Art das sicherste Resultat zu erhalten. Indem ich z. B. für den NWind das mehrjährige Mittel für jeden Monat erhalte, vergleiche ich dieses mit dem allgemeinen Mittel und suche die Differenz beider; letztere wird mit der Zahl der Beobachtungen multiplicirt, und die Summe dieser Producte wird für das Jahr oder die einzelnen Jahreszeiten addirt und ihr Mittel von dem allgemeinen Mittel subtrahirt. Ein Beispiel für den NWind im Winter mag dieses näher erläutern. Es geben bei diesem Winde für den Druck der Dampfatmosphäre im

December	10	Beobachtungen	1''',590	als	mittleren	Werth
Januar	8	. . . . .	1,370	. . . . .	
Februar	13	. . . . .	1,623	. . . . .	

Die sämtlichen Beobachtungen geben aber als Mittel für den December 2''',439, für den Januar 1''',848, für den Februar 2''',023 und für den Winter 2''',103, und wir finden also die folgenden Differenzen

December:	1''',590	—	2''',439	=	—	0''',849
Januar:	1,370	—	1,848	=	—	0,478
Februar:	1,623	—	2,023	=	—	0,400.

Multiplirciren wir diese Differenzen mit der Zahl der Beobachtungen, so wird

December:	10	×	—	0,849	=	—	8,490
Januar:	8	×	—	0,478	=	—	3,824
Februar:	13	×	—	0,400	=	—	5,200
31fache Differenz							= — 17,514
Mittel							= — 0,565

Demnach ist im Winter der mittlere Druck der Dampfatmosphäre bei NOWind — 0'',565 unter dem allgemeinen Mittel, und es beträgt derselbe demnach 2'',103 — 0'',565 = 1'',538.

Das Verfahren ist allerdings mühsam, ich kann jedoch nicht den Wunsch unterdrücken, diese Verhältnisse für recht viele Punkte der Erde zu bestimmen; denn eine genaue Kenntniß derselben liefert uns die wichtigsten Aufschlüsse über die folgende Witterung. Dabei rathe ich einem Jeden, welcher hygrometrische Beobachtungen anfängt, diese Zusammenstellung gleich mit dem ersten Tage anzufangen, weil sonst die Menge der Thatfachen sich in wenig Jahren so anhäuft, daß er die Lust an dieser mühsamen Arbeit verliert und sie später ganz unterläßt.

Ich gebe diese Verhältnisse nach vierjährigen Beobachtungen (1834 — 1837), welche von mir in Halle angestellt sind, jedoch genügt diese Zeit noch nicht, um die für die einzelnen Winde gültigen Größen mit Schärfe zu bestimmen. Denn da selbst die allgemeinen monatlichen Mittel noch nicht hinreichend genau sind, so gilt dieses noch mehr von den Verhältnissen, welche wir hier betrachten wollen. Da mir jedoch keine andere Beobachtungsreihe bekannt ist, welche alle Umstände bei diesem Phänomene kennen lehrte, so behalte ich diese Größen, welche sich wahrscheinlich nicht bedeutend von den allgemeinen Verhältnissen für das mittlere und nördliche Deutschland entfernen werden. Betrachten wir zunächst den Druck der Dampfatmosphäre im Mittel des Jahres, so finden wir folgende Größen:

N	2'',98	S	3'',47
NO	2,91	SW	3,31
O	3,06	W	3,22
SO	3,24	NW	3,06

Die Dampfmenge in der Atmosphäre ist also am kleinsten, wenn der Wind zwischen N und NO weht, sie nimmt zu, wenn der Wind nach O, SO und S geht, und erreicht zwischen S und SW ihren größten Werth, worauf sie wieder abnimmt, wenn wir nach W und NW gehen. Der Grund dieser Verschiedenheit ist sehr einfach. Die westlichen Winde, welche zu uns kommen, sind zum Theil über das atlantische Meer gegangen, und indem sie hier über eine große Wasserfläche streichen, nehmen sie weit mehr Dämpfe mit sich, als die von dem trockenen Continente Europas und Asiens kommenden östlichen Winde. Allerdings verlieren jene westlichen Luftmassen auf ihrem Wege bis zu uns einen Theil ihres Dampfes durch die Regen, welche in Frankreich Statt finden; jedoch verdunstet ein Theil davon sogleich wieder, und stets wird die Menge Dampf größer seyn, als diejenige, welche zu uns mit östlichen Winden kommt. Da der SWWind zugleich vom Meere und aus einer warmen Gegend kommt, so kann er wegen seiner höhern Temperatur eine größere Menge von dem Dampfe enthalten, als der kältere Westwind, obgleich letzterer von dem Meere bis nach Halle einen geringern Weg gemacht hat, und daher finden wir bei ihm eben so die größte Dampfmenge, als bei den nordöstlichen Winden die kleinste, weil letztere zu uns aus den kältesten Gegenden des Festlandes kommen.

Fast dieselben Verschiedenheiten zeigen sich in den einzelnen Jahreszeiten, weshalb ich diese gänzlich übergehe und mich zu der Betrachtung des relativen Feuchtigkeitszustandes wende. Wie ich mehrfach erwähnt habe, so kommt es bei diesem außer der Dampfmenge zugleich auf die Temperatur an; behält jene stets denselben Werth, so kann doch die Feuchtigkeit je nach der Beschaffenheit der letzteren sehr ungleich seyn. Wir werden den Einfluß der Winde auf die Temperatur zwar erst in der Folge kennen lernen, jedoch zeigen schon wenige Erfahrungen, wie im Winter namentlich die östlichen Winde durch niedrige, die westlichen durch hohe Temperatur sich auszeichnen, und bei Betrachtung der Wärme habe ich bereits erwähnt, daß in einerlei Breite die Winter im Innern des alten Festlandes kälter, die Sommer aber wärmer sind, als an den westlichen Küsten Europas. Betrachten wir diese Verhältnisse im Mittel des Jahres, so zeigen sich in Halle die Verhältnisse nicht sehr scharf, denn wir finden

von der zur Sättigung erforderlichen Dampfmenge bei den verschiedenen Winden folgende Procente:

N	78,5	E	73,6
NO	77,5	SW	74,8
O	73,0	W	74,4
SO	74,8	NW	76,5

Obgleich also die Luft bei nördlichen Winden eine geringere Menge von Dämpfen enthält, als bei südlichen, so ist sie alsdann doch in Folge der geringern Temperatur weit feuchter. — Bei Betrachtung dieses Gesetzes aber zeigt sich ein merkwürdiger Einfluß der Jahreszeiten, und ich theile daher die von mir gefundenen Größen einzeln mit.

Wind	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
N	89,5	75,0	67,6	78,7
NO	91,2	72,3	67,4	82,6
O	92,6	66,9	61,3	75,7
SO	85,5	71,4	66,3	79,2
E	83,0	70,3	67,4	76,2
SW	81,9	70,3	69,9	78,6
W	80,9	71,7	71,4	80,6
NW	83,2	73,4	68,8	82,7

Obgleich in dieser Tafel wahrscheinlich noch manche Anomalieen vorhanden sind, so geben sie doch bereits zu manchen Betrachtungen Veranlassung, und namentlich fällt uns hier der merkwürdige Gegensatz zwischen Sommer und Winter auf. Ungeachtet die Dampfmenge in beiden Jahreszeiten bei östlichen Winden entschieden kleiner ist, als bei westlichen, so hat doch die niedrige Temperatur bei jenen im Winter ein so großes Uebergewicht, daß der Ostwind der feuchteste, der Westwind der trockenste ist; im Sommer dagegen ist umgekehrt der Ostwind der trockenste und der Westwind der feuchteste. Beide Phänomene zeigen sich besonders dann, wenn diese Winde zu wehen anfangen. Haben z. B. im Winter bei mäßig heiterm Wetter längere Zeit westliche Winde geherrscht und erhebt sich dann schnell ein Luftstrom aus NO oder O, so wird der Himmel in kurzer Zeit getrübt, ein Theil des Dampfes fällt als Regen oder Schnee herab, und dicke

Nebel befinden sich auch in den unteren Schichten der Atmosphäre; erst dann, wenn der Ostwind längere Zeit geweht hat, pflegt bei feuchter Luft ein schöner Himmel zu folgen. Da zu solchen Zeiten gewöhnlich ein hoher Barometerstand beobachtet wird, bei welchem man besonders im Sommer gutes Wetter hat, so hört man dann nicht selten die Klage, daß die Instrumente einen sehr unrichtigen Gang hätten; Hygrometer und Windfahne würden aber den Klagenden eines Bessern belehren haben. Wenn umgekehrt bei trübem Himmel und östlichem Winde die Luftströmung schnell nach S geht, so pflegt anfänglich die Luft sehr trocken zu seyn, und der Himmel hat ein ungemein reines Ansehen, weil der durch seine Wärme wirkende Südwind alle niedergeschlagenen Dämpfe auflöst und die Luft vom Punkte der Sättigung entfernt. Erst dann, wenn dieser Wind längere Zeit geweht und uns aus wärmeren Gegenden eine Menge von Dämpfen gebracht hat, nimmt die Feuchtigkeit wieder zu.

Mehrere andere Orte, an denen ich die Einwirkung der Winde untersucht habe, zeigen ähnliche Verhältnisse, so daß die gegebenen Größen sich nicht sehr von der Wahrheit zu entfernen scheinen. Wenn wir jedoch nicht sowohl wie oben die täglichen Mittel der Untersuchung zum Grunde legen, sondern vielmehr bei einer größeren Zahl von Beobachtungen während des Tages die Aenderung dieser Verhältnisse aufsuchen, so zeigt sich eine Bestätigung desjenigen, was früher über die regelmäßige Drehung der Winde gesagt wurde. Einerseits nämlich pflegt der Wind von O nach SO, S. u. s. w. zu gehen, andererseits aber sind die Dampfmengen bei diesen Winden nicht gleich. Wenn also die Windfahne SO anliegt, so wird sie bald nachher auf S zeigen, und dieses Verhältniß bereitet sich schon im jetzigen Momente vor; eine Folge davon ist, daß die Dampfmenge vom Morgen bis zum Abend zunimmt, während sie z. B. beim NW-Winde vom Morgen bis zu Abend schnell kleiner wird. Dagegen hat dieses zuerst an täglich viermal zu Paris angestellten Beobachtungen nachgewiesen; bestimmter noch geht dieses aus meinen von 6 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends fast stündlich angestellten Messungen hervor. Vergleiche ich nämlich zu jeder Stunde des Tages die bei irgend einem Winde beobachtete Dampfmenge mit dem zu eben dieser Stunde gefundenen allgemeinen Mittel

nach der oben angegebenen Methode, entferne ich also bei dieser Aufgabe gänzlich die regelmäßige Aenderung während des Tages, so zeigt sich diese mit der Drehung des Windes zusammenhängende Zu- oder Abnahme der Dampfmenge auf eine sehr bestimmte Weise. Die folgende Tafel enthält die so gefundenen Abweichungen vom allgemeinen Mittel, wobei das Zeichen — bedeutet, daß die Dampfmenge kleiner war als das Mittel, das Zeichen + aber das Gegentheil.

Stunde	N	ND	D	SD	S	SW	W	NW
6 Uhr Morg.	-0,139	-0,264	-0,189	-0,048	+0,046	+0,073	+0,035	-0,006
7	-0,143	-0,251	-0,170	-0,021	+0,042	+0,068	+0,055	-0,010
8	-0,162	-0,233	-0,134	+0,032	+0,092	+0,072	+0,042	-0,067
9	-0,195	-0,236	-0,130	+0,083	+0,123	+0,082	+0,020	-0,084
10	-0,240	-0,233	-0,142	+0,089	+0,165	+0,083	-0,001	-0,142
11	-0,264	-0,295	-0,161	+0,060	+0,194	+0,082	-0,009	-0,136
Mittag	-0,270	-0,319	-0,160	+0,042	+0,206	+0,089	-0,027	-0,137
1 Uhr Ab.	-0,284	-0,333	-0,195	+0,062	+0,238	+0,085	-0,027	-0,175
2	-0,269	-0,327	-0,203	+0,077	+0,252	+0,087	-0,018	-0,186
3	-0,284	-0,325	-0,211	+0,104	+0,256	+0,087	-0,026	-0,186
4	-0,293	-0,326	-0,209	+0,141	+0,264	+0,076	-0,027	-0,203
5	-0,304	-0,331	-0,196	+0,186	+0,243	+0,080	-0,017	-0,222
6	-0,325	-0,342	-0,184	+0,226	+0,246	+0,093	-0,008	-0,242
7	-0,326	-0,338	-0,156	+0,242	+0,256	+0,098	-0,014	-0,241
8	-0,316	-0,345	-0,122	+0,268	+0,240	+0,109	-0,023	-0,225
9	-0,317	-0,371	-0,106	+0,278	+0,233	+0,098	-0,024	-0,237
10	-0,320	-0,380	-0,109	+0,267	+0,230	+0,082	-0,027	-0,240

Allerdings enthält diese Tafel noch manche Anomalieen, da die Beobachtungen noch nicht hinreichend lange fortgesetzt sind, jedoch bestätigt sie das Gesagte auf eine auffallende Weise. Um diese Aenderungen besser zu übersehen, habe ich die obigen Größen in Taf. III. Fig. 1. graphisch dargestellt, und hier zeigt sich auffallend, wie die Dampfmenge bei NW, N und ND im Laufe des Tages kleiner wird, bei SD und S aber zunimmt. Dabei zeigen die für D und S gezogenen Linien noch einen auffallenden Gegensatz. Obgleich nämlich die Dampfmenge beim Ostwinde während des Tages größer wird, so zeigt sich doch zur Zeit der größten Tageswärme eine ungemein schnelle Abnahme des Dampfes, beim Südwinde dagegen nimmt die Dampfmenge zu eben dieser Zeit ungewöhnlich schnell zu. Beide Erscheinungen treten im Sommer weit auffallender hervor, als in den übrigen Jahreszeiten, und sie sind eine Folge des aufsteigenden Luftstromes.

Wenn bei östlichem Winde der Himmel im Sommer heiter ist, so steigen unter der lebhaften Einwirkung der Sonne die Dämpfe mit Schnelligkeit in die Höhe, die Dampfmenge nimmt also deshalb etwas ab, bis sie am Abend in größerer Menge wieder herabsinkt. Beim Südwinde dagegen ist der Himmel häufig trübe, der aufsteigende Luftstrom ist schwächer oder fehlt ganz, und der Dampf, der sich im Laufe des Tages mit Lebhaftigkeit entwickelt, bleibt in den unteren Schichten der Atmosphäre.

Es würde interessant seyn, die Verhältnisse, welche bei verschiedenen Winden gleichzeitig in der Höhe und Tiefe Statt finden, näher zu untersuchen, aber um dieses zu thun, fehlt es ganz an Beobachtungen. Jedoch liefern uns die eben mitgetheilten Materialien schon Stoff genug zu manchen Betrachtungen, die ich in der Folge ausführlicher mittheilen werde.

Niederschlagung der Dämpfe.

Bisher haben wir die allgemeinen Gesetze untersucht, von denen die Menge des in der Atmosphäre befindlichen Dampfes unter verschiedenen Umständen abhängt; mußte gleich vieles aus Mangel an Beobachtungen unbestimmt bleiben, so genügen die mitgetheilten Thatfachen doch schon, um uns viele Erscheinungen daraus erkennen zu lassen, welche sich auf die Entstehung der Niederschläge beziehen. Wenn nämlich die Luft eine größere Menge von Dämpfen enthält, als sie bei völliger Sättigung enthalten kann, so kehrt ein Theil davon wieder in den flüssigen oder festen Zustand zurück und fällt entweder zu Boden, wie dieses beim Regen der Fall ist, oder bleibt in der Luft schweben, wie wir es an den Wolken sehen. Alle diese Vorgänge bezeichnen wir allgemein mit dem Namen der Niederschläge. Obgleich in allen Fällen, wo solche Statt finden, dasselbe Naturgesetz zu erkennen ist, so zeigen sich doch bei der Bildung von ihnen Verschiedenheiten, und wir wollen daher Thau (Reif), Nebel, Wolken, Regen (Schnee) einzeln betrachten. Ich habe hier ausdrücklich den Hagel nicht erwähnt; denn obgleich es möglich scheint, seine Entstehung schon hier anzugeben, so ist doch meistens bei seinem Herabfallen eine so starke Electricität der Luft vorhanden, daß viele Physiker diese als wirkliche Ursache ansehen; um daher die

Betrachtung dieses wichtigen Gegenstandes nicht an zwei Stellen vorzunehmen, werde ich die ganze Untersuchung in einem spätern Abschnitte anstellen.

So häufig man auch die Niederschläge beobachtet hat, so ist es doch kaum über ein halbes Jahrhundert her, daß wir statt unbestimmter Hypothesen festere Gesetze besitzen, welche dabei Statt finden. Hutton stellte nämlich 1784 folgenden Satz auf: Wenn zwei gesättigte Luftmassen von ungleicher Temperatur mit einander gemengt werden, so entsteht jedesmal ein Niederschlag. Sind die Luftmassen auch nicht mit Dämpfen gesättigt, so werden sie doch bei einer solchen Mischung feuchter, und daher kann es bei großer Temperaturverschiedenheit geschehen, daß aus zwei ziemlich trockenen Luftmassen bei ihrer Mischung Wasser herabfällt.

So sehr dieser Satz auch namentlich von de Luc bezweifelt wurde, welcher zu jener Zeit ein unhaltbares System der Niederschläge aufgestellt hatte, so haben doch alle späteren Untersuchungen die Richtigkeit davon bewiesen. Gesezt, wir vermischen zwei gleiche gesättigte Luftmassen, die eine von 10° , die andere von 20° Temperatur, so hat die Mischung eine Wärme von 15° . Nach den früher gegebenen Tafeln beträgt die Elasticität des Dampfes im Zustande der Sättigung bei der einen dieser Luftmassen $5''',103$, bei der andern $10''',720$, also in der gemengten Masse $\frac{5,103 + 10,720}{2} = 7''',916$, die Luft von 15° Temperatur kann im Maximum aber nur Dampf von der Elasticität von $7''',410$ enthalten, es wird also der Unterschied $7''',916 - 7''',410 = 0,506$ niedergeschlagen. Hätten wir angenommen, daß jede dieser Luftmassen nur 50 Procent Wasserdampf enthalten hätte, wären also die Elasticitäten $2''',552$ und $5''',360$ gewesen, so betrüge die Elasticität nach der Mischung $\frac{2,552 + 5,360}{2} = 3''',956$; und da die Luft von 15° Wärme $7''',410$ Dampf enthalten kann, so hat die gemengte Luft 53 Procent Wasserdampf. Je größer die Temperaturverschiedenheit beider Luftmassen ist, desto stärker ist der Niederschlag, wie dieses eine einfache Rechnung auf die eben angeführte Weise zeigt.

Vom Thau und Reif.

Unter dem Thau verstehen wir einen Niederschlag aus der Atmosphäre, welcher sich vorzugsweise während der Nacht bildet und an Pflanzen oder andern Körpern in Gestalt von Tropfen erscheint. Ist dabei die Temperatur sehr niedrig, so schlägt sich der Dampf in fester Gestalt als Reif nieder. Da dieser Niederschlag vorzugsweise zu solchen Zeiten Statt findet, wo sich keine Wolken am Himmel zeigen, so hat er zu manchen Hypothesen Veranlassung gegeben; die Alchemisten sammelten sorgfältig das Thauwasser, weil sie es für einen Ausfluß der Sterne hielten und darin Gold zu finden hofften; andere Physiker nahmen an, es sey ein feiner Regen aus den obersten Schichten der Atmosphäre, noch andere, der Thau stiege aus dem Boden hervor, wieder andere schrieben ihm gar wunderliche Eigenschaften zu, unter denen sich besonders seine Kälte machende Kraft auszeichnete. Erst durch die Untersuchungen, welche Wells in London über diesen Gegenstand anstellte und welche auf eine musterhafte Weise den Weg zeigen, wie meteorologische Gegenstände verfolgt werden müssen, haben wir die einzelnen Umstände dabei kennen gelernt, und die von diesem scharfsinnigen Beobachter aufgestellte Hypothese über die Entstehung des Thaues scheint mir, ungeachtet der verschiedenen in neueren Zeiten erhobenen Einwürfe dagegen, noch immer die naturgemäße zu seyn.

Um die Erscheinungen zu beobachten und namentlich die Menge des unter verschiedenen Umständen gebildeten Thaues zu messen, hat man eigene Instrumente vorgeschlagen, welche mit dem Namen Thaumesser, *Drosometer* *) bezeichnet werden. Die einfachste Vorrichtung besteht darin, daß man genau abgewogene Körper der freien Luft aussetzt und ihr Gewicht aufs Neue untersucht, wenn der Thau sich auf ihnen niedergeschlagen hat. Am besten eignen sich dazu nach Wells Glocken von Wolle, von etwa 10 Gran Gewicht, welche man in möglichst gleiche, etwa 2 Zoll im Durchmesser haltende kugelförmige Massen zerzupft und deren Gewichtszunahme dann gemessen wird.

*) *Θαυόμετρος* der Thau, und *μέτρον* das Maas.
König Vorles. üb. Met.

Die wichtigsten Umstände bei der Bildung des Thaus sind folgende:

1) Der Thau zeigt sich vorzugsweise nur in heiteren windstillen Nächten. Dieser schon von Aristoteles aufgestellte Satz ist in der Folge mehrfach bezweifelt worden, so soll sich nach Musschenbroek der Thau in Holland besonders bei etwas nebligem Wetter zeigen; wenn sich jedoch auch unter diesen Umständen ähnliche Tropfen an den Pflanzen zeigen, als beim eigentlichen Thau, so haben wir doch ein verschiedenes Phänomen, da alle Körper ohne Ausnahme von dem Nebel naß werden. Hat sich unter den erwähnten Umständen schon Thau gebildet, so verschwindet dieser häufig und in kurzer Zeit, wenn windiges oder trübes Wetter folgt.

2) Der Thau schlägt sich vorzugsweise an freistehenden Körpern nieder. Man lege im Freien zwei gleiche Wollstöcke hin, spanne aber in der Entfernung einiger Fuße über dem einen ein Stück Leinwand aus, so wird letzterer weit weniger bethaut. Daß es sich dabei nicht sowohl darum handelt, daß die Leinwand das Herabfallen der Dämpfe verhindert, als vielmehr darum, daß man von dem Standpunkte des zu bethauenden Körpers einen großen Theil des Himmels erblicken könnte, beweist folgender Versuch. Als Wells über einem Stück Wolle einen oben offenen Thoncyliner von 1 Fuß Durchmesser und $2\frac{1}{2}$ Fuß Höhe gestellt hatte, so bethaute dieses weit weniger, als ein frei liegendes. Daher fällt im Freien stets weit mehr Thau, als in den Straßen der Städte, wo die Häuser stets einen großen Theil des Himmels verdecken.

3) Unter gleichen Umständen werden einige Körper leichter bethaut als andere, so ist er weit reichlicher auf Pflanzen, als auf festem Erdboden; lockerer Kies wird feuchter als fest getretenes Erdreich; Glas wird leichter befeuchtet als die Metalle; Holzspäne leichter als ein festes Stück Holz.

4) Der Thau bildet sich unter günstigen Umständen die ganze Nacht hindurch, und nicht bloß, wie ältere Physiker glauben, am Morgen und am Abend.

5) Am reichlichsten erscheint der Thau in feuchten Küstengegenden; im Innern großer Continente, namentlich in den

Wüsten Asiens und Africas fehlt er fast ganz und er zeigt sich hier nur etwa in der Nähe von Flüssen oder Landseen.

Ohne bei den verschiedenen Hypothesen über die Entstehung des Thaus zu verweilen, will ich sogleich die von Wells aufgestellte Ansicht mittheilen. Darnach hat derselbe seinen Grund in einer schnellen Wärmeabnahme in der Nähe des Bodens. Wenn derselbe nämlich während des Tages erwärmt wird, so steigen viele Dämpfe in die Höhe, und wenn am Abend die Lebhaftigkeit des aufsteigenden Luftstromes nachläßt, kehren sie nach der Tiefe zurück, ohne daß jedoch die Luft damit gesättigt wird. Wenn nun nach dem Untergange der Sonne der Boden bei heiterem und windstillem Wetter seine Wärme ausstrahlt, so ist er meistens mehrere Grade kälter als die Luft in der Höhe von wenigen Fuß; es wiederholt sich also dasselbe Phänomen, welches wir bemerken, wenn wir im Sommer ein Glas mit kaltem Wasser in ein warmes Zimmer bringen, denn eben so wie sich an diesem der Dampf in Gestalt von Tropfen niederschlägt, so geschieht es auch am Grase. Diese Erkaltung muß stets vorausgehen; je lebhafter sie ist, desto reichlicher fällt bei gleicher Feuchtigkeit der Atmosphäre der Thau, und daher sind nach den Erfahrungen der Landwirthe thaureiche Nächte stets so kalt, doch ist diese Kälte nicht Wirkung, sondern vielmehr Ursache des Thaus. Alles was daher diese Strahlung verhindert, ein darüber oder ein seitwärts stehender Schirm, verhindert auch zugleich die Thaubildung, und Pflanzen, welche unter einem Baume stehen, werden daher weniger naß, als frei wachsende. Da sich ferner diese Erkaltung nur vorzugsweise in der Nähe des Bodens zeigt, so ist begreiflich, daß Körper weniger feucht werden, je höher sie in der Atmosphäre sind. Eine Menge von Erfahrungen beweist, daß eine Höhe von wenigen Fuß über dem Boden hier schon einen großen Einfluß hat. Da die durch Strahlung bewirkte Erkaltung bei trübem Himmel sehr unbedeutend ist, so fehlt alsdann der Thau gänzlich und eben dieses gilt von windigem Wetter, wo die kalten Luftmassen in der Nähe des Bodens stets durch andere und wärmere verdrängt werden.

Alle Umstände, welche daher dahin wirken, die Oberfläche eines Körpers erkalten zu lassen, sind auch der Thaubildung günstig. Je besser daher ein Körper die Wärme ausstrahlt und ein

je schlechterer Wärmeleiter derselbe ist, desto stärker wird er bethaut. Daher wird Glas weit früher naß als die Metalle; organische Körper noch mehr als Glas, besonders dann, wenn sie aus einer Menge kleiner Fragmente bestehen, weil die Wärme beim Uebergange von dem einen derselben zum andern stets einen Widerstand findet, weshalb die Wärme, welche die Oberfläche verloren hat, nicht durch Leitung aus dem Innern ersetzt werden kann. Daher eignet sich gezupfte Wolle so sehr zu diesen Untersuchungen, weil sie sehr leicht bethaut; daher werden Holzspäne leichter feucht als ein Stück Holz.

Je feuchter unter gleichen Umständen die Luft ist, desto größer ist die Menge von Thau, welche in einer gegebenen Zeit herabfällt. Daher fehlt er ungeachtet der starken nächtlichen Erkaltung ganz in den trockenen Wüsten; daher aber dürfen thaureiche Nächte auch in unseren Gegenden als Vorboten von baldigem Regen angesehen werden, indem daraus hervorgeht, daß die Luft schon viel Feuchtigkeithalt enthält und also bald ganz gesättigt seyn kann.

Der Reif im eigentlichen Sinne entsteht unter denselben Umständen als der Thau; während die Luft in der Höhe weniger Fuße noch mehrere Grade über dem Gefrierpunkte erwärmt ist, kann der Boden durch Strahlung so erkalten, daß der Dampf fest wird und die Gestalt schöner Krystalle annimmt, welche wir beim Schnee genauer betrachten wollen. Eine solche Erkaltung ist den Pflanzen im hohen Grade schädlich, und in heiteren Frühlingsnächten werden nicht selten alle Gartengewächse dadurch getödtet. Auch hier verhindern dieselben Umstände, welche oben erwähnt wurden, die durch Strahlung bewirkte Erkaltung. Pflanzen, die unter Bäumen wachsen, leiden weniger als freistehende; eine dünne Decke von Leinwand oder Matten über den Pflanzen ausgebreitet, wirkt auf dieselbe Weise, ja man hat in neueren Zeiten mit günstigem Erfolge das Erfrieren der jungen Triebe des Weinstockes dadurch verhindert, daß man Stroh und feuchtes Holz in der Nähe verbrannte, der gebildete Rauch wirkte als eine Wolke und das Erkalten wurde verhindert.

So wie man alle Arten von Tropfen, welche sich am Grase während der Nacht gebildet haben, mit dem Namen Thau bezeichnet, so nennt man noch weit häufiger alle schneecartigen

Massen, die an festen Körpern hängen, Reif; aber eben solche Niederschläge können auch auf andere Art entstehen. Wenn nämlich auf länger dauernde Kälte Südwinde folgen, bei denen die Temperatur sich bis in die Nähe des Gefrierpunktes erhebt, so schlagen sich die Dämpfe an jenen Körpern in fester Gestalt nieder. Steinernen Gebäude erscheinen dann oft ganz weiß, eben so hängen dann an den Bäumen eine Menge schöner Fäden. Diese Bildung, welche wir in unseren Gegenden fast in jedem Winter wahrnehmen können, zeigt sich besonders in den Polargegenden bei Nebeln ungemein häufig; dick sind dann die Laue mit Franzen von blendend weißer Farbe und regelmäßiger Krystallisation belegt, wofür die Matrosen den charakteristischen Namen *Barbier* gewählt haben.

Ungeachtet ältere Chemiker in dem Thauwasser mancherlei himmlische Stoffe vermutheten, so zeichnet es sich doch durch große Reinheit aus, es enthält nur etwas mehr Kohlensäure als das Regenwasser, und nicht selten hat es durch die Berührung mit den Pflanzen einige organische Stoffe aufgenommen. Lange Zeit jedoch wurde geglaubt, daß zuweilen ein Thau herabfalle, welcher fremdartige Stoffe enthalte und dadurch den Pflanzen schädlich werde. Man bezeichnete ihn mit dem Namen *Honigthau* und *Mehlthau*. Beide sind klebrige süße Feuchtigkeiten, welche sich zuweilen plötzlich auf den Pflanzen zeigen, die Vegetation hindern und auch den Thieren schaden, welche jene genießen. So erfolgte in den Jahren 1556 und 1669 auf solchem Thau in der Schweiz starkes Viehsterben; aber Scheuchzer, der diese Thatsache erzählt, vermuthete schon, daß diese auf den Pflanzen angesammelte Materie nicht aus der Atmosphäre herstamme, und die Beobachtungen von Leche haben gezeigt, daß Blattläuse, die sich zuweilen in großer Menge auf Pflanzen ansammeln, Ursache davon seyen. Durch zwei auf ihrem Hinterleibe stehende Hörner geben dieselben nämlich ein süßes Wasser von sich, welches sich auf die Blätter setzt und hier austrocknet. Wird nun diese Flüssigkeit nicht von Bienen, Ameisen und anderen Thieren verzehrt, so wird sie von einem starken Thau aufgelöst, fließt auf die unteren Blätter, und diese, welche dadurch einen süßen Geschmack erhalten, schrumpfen zusammen. Wahrscheinlich ist es aber zugleich, daß die große Menge von

süßer Feuchtigkeit, welche wir zuweilen auf den Pflanzen finden, theilweise davon herrühre, daß die Säfte der Pflanzen, welche in der Nähe von Wunden befindlich sind, chemisch zerlegt und auf eine ähnliche Weise in zuckerhaltige Stoffe verwandelt werden, als dieses bei so vielen technischen Operationen, wie z. B. bei Bereitung des Malzes oder der Verwandlung des Stärkemehles in Zucker, der Fall ist.

N e b e l.

Wenn Wasserdämpfe in freier Luft niedergeschlagen werden, so wird diese dadurch getrübt, und wir bezeichnen den so gebildeten Niederschlag mit dem Worte *Nebel*, wenn er sich in der Nähe des Bodens oder doch unseres Standpunktes befindet; ist er dagegen in größerer Höhe und weiter von uns entfernt, so wird meistens der Name *Wolke* angewendet. So klagt der Reisende, welcher sich auf der Spitze eines hohen Berges befindet, darüber, daß ihm die Aussicht durch den dicken Nebel, welcher ihn von allen Seiten umgibt, verdorben sey, während die Bewohner der tieferen Gegenden alsdann bemerken, daß alle Bergspitzen von Wolken verhüllt seyen.

N e b e l b l ä s c h e n.

Betrachten wir den Nebel genauer, so finden wir eine Menge kleiner Körper, welche bei unserm Standpunkte vorbeiziehen und die Durchsichtigkeit der Luft hindern. Eine genauere Untersuchung zeigt, daß diese Körper aus Wasser bestehen, welches sich zu kleinen Massen zusammengelagert hat. Den Gesetzen der allgemeinen Anziehung zufolge müssen letztere eben so eine kugelförmige Gestalt haben, als kleine Quecksilbermassen, welche wir auf den Boden einer Porzellantasse, oder Wassermassen, welche wir auf ein fettiges Glas werfen. Ob diese Kugeln massiv oder ob sie hohl seyen, darüber sind die Meinungen sehr getheilt; es scheint jedoch, daß die Meinung, welche schon *Halley* aufgestellt hatte, daß sie hohl seyen und daß also das Wasser in vielen Fällen nur die Hülle einer Kugel bilde, naturgemäßer sey, obgleich wahrscheinlich in vielen Fällen zugleich eine Anzahl eigentlicher Tropfen mit darunter ist. Wir wollen uns daher in der Folge des Ausdrucks *Dampfbälchen*, *Nebelbälchen*

zur Bezeichnung dieser Körper bedienen. Die Untersuchungen von *Saussure* und *Krazenstein* geben dieser Ansicht ein großes Gewicht. Man nehme eine Tasse mit wässriger Flüssigkeit von dunkler Farbe, etwa Kaffee oder Wasser mit Zinthe vermischt, erhitze sie und stelle sie nun in die Sonne oder sonst an einen hellen Ort. Ist die Luft ruhig, so steigt eine Nebelmasse in die Höhe, welche nach einiger Zeit verschwindet. Betrachtet man dieselbe durch ein Vergrößerungsglas, so sieht man, daß ungleich große Kügelchen sehr schnell aus der Flüssigkeit hervortreten; die feinsten erheben sich äußerst schnell und streichen geschwind durch das Feld des Glases, während die größeren auf die Oberfläche der Flüssigkeit zurückfallen. *Saussure* fügt hinzu, daß das Ansehen der feineren Kügelchen so sehr von dem der auf die Flüssigkeit zurückfallenden Tropfen verschieden sey, daß man nicht daran zweifeln könne, jene wären hohl.

Das Verhalten dieser Körper gegen das Licht ist das vorzüglichste Argument, welches zu Gunsten der Ansicht angeführt werden kann, daß sie hohl seyen; so zeigen sie nicht das sternartige Funkeln, welche massive Wasserkügelchen bei starkem auffallenden Lichte dem Auge darzubieten pflegen, eben so bemerkt man in bloßen Wolken nie einen Regenbogen, zu dessen Entstehung stets eigentliche Tropfen nöthig sind, obgleich Sonne, Wolke und Beobachter häufig die zur Entstehung desselben erforderliche gegenseitige Stellung haben. Am schlagendsten aber ist eine von *Krazenstein* gemachte und fast von keinem Schriftsteller beachtete Erfahrung. Betrachten wir Seifenblasen, wie die Kinder deren machen, so sind diese oft prachtvoll gefärbt und unaufhörlich zeigt sich ein Wechsel dieser Färbung; ähnliche Farben sieht man an Blasen von klebrigen Flüssigkeiten, und hier ist die Erscheinung leichter zu verfolgen, weil die Blase selbst lange Zeit ihre Gestalt behält. Wenn wir eine solche Blase auf Pech oder geschmolzenem Glase betrachten, so bemerken wir auf der obersten Stelle einen schwarzen oder gefärbten Fleck, welcher von einer größern oder geringern Menge gefärbter Kreise umgeben wird. Diese Farben rühren davon her, daß die auf die Blase fallenden Strahlen in zwei Theile getheilt werden; einige Strahlen nämlich werden von der vordern Fläche reflectirt, ein anderer Theil geht hindurch, wird aber theilweise von der hintern

Blasenhülle zurückgeworfen, und so erhält das Auge nahe in derselben Richtung zwei Arten von Strahlen, eine von der vordern, die andere von der hintern Fläche der Hülle. Indem beide neben einander fortgehen, so wirken sie auf einander ein; die verschiednen gefärbten Strahlen, welche in dem Sonnenlichte vorhanden sind, heben sich theilweise auf, während sie sich zum Theil verstärken, und so erscheint das zum Auge gelangende Licht nicht mehr weiß, sondern gefärbt. Es würde mich hier zu weit vom Ziele führen, wollte ich die Ursachen und Gesetze dieser Erscheinung hier verfolgen, es möge die Bemerkung genügen, daß dieser durchsichtige Körper, welcher die Erscheinung zeigen soll, eine geringe Dicke haben muß, und daß die Beschaffenheit der Farbe innig mit der Dicke zusammenhängt. Daher ist das Phänomen auf Seifenblasen so veränderlich, weil durch die Verdunstung und das Herabfließen der Flüssigkeit vom obern Theile nach dem untern die Dicke in jedem Momente eine andere wird. Daher ändern sich die Farben, welche man im Innern der Sprünge der Mineralien, wie Grauwacke und Marienglas, sieht, stets, wenn man diese Mineralien drückt, weil dadurch die Dicke der Luftschicht geändert wird, an deren beiden Gränzen die Erscheinung Statt findet. Um diese Erscheinung genauer zu studiren, ist folgendes von Newton angegebene Verfahren das beste. Man nehme eine reine Platte von Spiegelglas, und eine erhabene Linse, wo möglich von großer Brennweite, werde darauf gelegt; betrachtet man diese, so findet man bei passender Stellung des Auges eine Reihe gefärbter Ringe um die Stelle, wo beide sich berühren. Ist die Krümmung der Linse bekannt, so läßt sich der Abstand ihrer verschiedenen Punkte von der Glasplatte berechnen, und wenn an dieser zugleich die Farben beobachtet werden, so erhält man die Dicke, welche erforderlich ist, damit eine gewisse Farbe entstehe. Als nun Kratzenstein im Sonnenlichte die von warmem Wasser aufsteigenden Dunsttheilchen durch ein Vergrößerungsglas betrachtete, so fand er ähnliche gefärbte Ringe auf ihrer Oberfläche als auf Seifenblasen, und er überzeugte sich dadurch nicht bloß von der Richtigkeit dieser Ansicht im Allgemeinen, sondern er erhielt auch die Mittel, die Dicke der Hülle zu bestimmen.

Saussure und Kratzenstein haben sich bemüht, den Durchmesser der Nebelbläschen unter dem Mikroskope zu messen,

es hält jedoch schwer, auf diese Art scharfe Resultate zu erlangen; ohnehin verlangen wir zu vorliegendem Zwecke nicht sowohl den Durchmesser derjenigen Nebelbläschen, die sich aus warmem Wasser erheben, als vielmehr derjenigen, welche die Wolken und Nebel zusammensetzen. Glücklicherweise geben uns einige Lichterscheinungen, welche sich zeigen, wenn die Sonne durch Wolken oder Nebel hindurch scheint, ein Mittel an die Hand, zum Ziele zu gelangen, und es ist nur zu bedauern, daß dieses Verfahren, welches ich späterhin mittheilen werde, nicht häufiger angewendet worden ist. Ich habe auf die angegebene Art eine große Anzahl von Messungen, theils in der Schweiz, theils im mittlern Deutschland angestellt, und darnach finde ich im Mittel den Durchmesser der Nebelbläschen gleich 0,00082658 pariser Zoll. Diese Größe ist jedoch nicht zu allen Jahreszeiten dieselbe, es scheint vielmehr, als ob sie im Sommer weit kleiner sey. Ich finde nämlich

Januar	. . .	0,0010167	pariser Zoll
Februar	. . .	0,0012925	. . . .
März	. . .	0,0007378	. . . .
April	. . .	0,0007081	. . . .
Mai	. . .	0,0005767	. . . .
Junius	. . .	0,0006645	. . . .
Julius	. . .	0,0006262	. . . .
August	. . .	0,0005179	. . . .
September	. . .	0,0008288	. . . .
October	. . .	0,0007535	. . . .
November	. . .	0,0009069	. . . .
December	. . .	0,0012894	. . . .

Es zeigt sich also hier eine ziemlich regelmäßige Aenderung vom Winter bis zum Sommer, da die einzelnen Unregelmäßigkeiten wohl eine Folge des Umstandes sind, daß die Zahl der Beobachtungen noch nicht hinreichend groß ist. Darnach ist im Winter, derjenigen Jahreszeit, wo die Luft am feuchtesten ist, der Durchmesser fast doppelt so groß, als in dem trocknen Sommer. Jedoch ist diese Größe selbst in einerlei Monat veränderlich, am kleinsten ist sie bei anhaltend schönem Wetter, so wie dieses sich aber zum Regen neigt, wird sie größer, und einige Zeit vor demselben ist sie in derselben Wolke sehr ungleich, indem sich wahrscheinlich

schon eine Menge kleiner Tropfen gleichzeitig mit den Nebelbläschen in der Wolke befindet.

Ueber die Dicke der Hülle, welche das Bläschen bildet, kenne ich nur die Bestimmungen, welche Kratzenstein aus den gefärbten Ringen auf ihrer Oberfläche herleitete. Darnach beträgt derselbe 0,000025 Zoll.

Entstehung des Nebels.

Wenn sich Nebel in irgend einer Gegend zeigt, so müssen wir annehmen, daß die Luft daselbst gesättigt sey, weil nur in diesem Falle ein oft mehrere Stunden anhaltender Niederschlag möglich ist. Ich hebe diesen Umstand ausdrücklich hervor, weil de Luc und einige andere Physiker, welche sich unvollkommener Hygrometer bedienten, die Behauptung aufstellten, daß die Luft in einer Gegend, wo sich ein Nebel zeigte, oft ziemlich trocken wäre. Jedoch beweisen die Erfahrungen von Saussure die Richtigkeit der zuerst aufgestellten Behauptung, und eben dieses habe ich in den Alpen, so wie in verschiedenen Gegenden von Deutschland gesehen. Allerdings kann es im Innern von Städten geschehen, daß das vor dem Fenster hängende Hygrometer zur Zeit eines Nebels nicht völlige Sättigung anzeigt, aber dies rührt von einer geringen Erwärmung der Instrumente durch die Wände des Hauses her, und auch diese Abweichung verschwindet, wenn der Nebel einige Stunden anhält.

Die Umstände, unter denen der Nebel entsteht, bilden häufig einen entschiedenen Gegensatz zu denen bei der Entstehung des Thaues. Während nämlich bei letzterm der Boden kälter ist, als die darüber befindliche Luft, so entsteht der Nebel häufig dadurch, daß der feuchte Boden wärmer ist, als die Luft, und daß die in letztere aufsteigende Dämpfe niedergeschlagen werden, auf eine ähnliche Weise, als sich stets über einem Gefäße siedenden Wassers eine Nebelmasse zeigt, als der Wasserdampf, welchen wir im Winter ausathmen, sogleich einen Nebel bildet, wenn er in die Luft tritt. Daher sehen wir den Nebel sehr häufig im Anfange des Herbstes über Flüssen, weil deren Wasser am Morgen weit wärmer ist, als die Luft, und nicht selten kann man den Lauf eines Flusses alsdann aus bedeutender Ferne bloß aus dem darüber befindlichen Nebel erkennen.

Wenn indessen auch die erwähnten Umstände Statt finden, daß nämlich das Wasser oder der Boden wärmer seyn müssen, als die Luft, so zeigt sich doch nicht immer Nebel, wovon man sich durch Messungen an jedem Flusse überzeugen kann. Ist nämlich die Luft sehr trocken, so findet ungeachtet der Temperaturverschiedenheit keine Nebelbildung Statt, der Dampf bleibt in elastischem Zustande. Diese Einwirkung der Feuchtigkeit zeigt sich besonders bei den hiesigen Salinen. Bei trockenem Winter zeigt sich über den Siedehäusern eine geringe Dampfsäule, welche in der Entfernung von wenigen Fuß verschwindet; so wie die Luft feucht ist, zieht diese Nebelmasse sehr weit und verdeckt oft einen großen Theil der Stadt, obgleich in beiden Fällen die Temperatur dieselbe ist. Eben so verbreitet sich zur Zeit vor Regen über heißen Quellen eine weit ausgedehnte Nebelmasse, und ganz dasselbe gilt von Vulkanen. Schon die Alten erwähnen vom Stromboli eine Thatsache, welche noch jetzt bekannt ist. Wenn nämlich die Dampfsäule über diesem Vulcane eine bedeutende Ausdehnung erlangt, so glauben die Bewohner der benachbarten liparischen Inseln, daß bald Regen folgen werde, aber der Grund davon liegt nicht, wie mehrfach geglaubt ist, darin, daß der Vulcan liegt nicht, wie mehrfach geglaubt ist, darin, daß der Vulcan vor Regen thätiger sey, sondern die feuchte Luft, welche dem Regen vorangeht, hat eine größere Menge von Dämpfen, sie nimmt daher nur einen sehr kleinen Theil von den aus dem Vulcane aufsteigenden auf, während das Uebrige niedergeschlagen wird. Ganz auf dieselbe Weise prophezeihen die Hallenser einen baldigen Regen, wenn der Dampf der Salinen eine weite Nebelmasse bildet, und in diesem Falle ist doch in der That an keine Abhängigkeit des Siedeprozesses von der Witterung zu denken.

Zuweilen zeigt sich der Nebel mit Umständen verknüpft, welche auf den ersten Anblick nicht wohl erklärbar sind. Derjenige, welcher in einer Gebirgsgegend wohnt, bemerkt nicht selten bei trübem Himmel, an einer Stelle des Abhanges einen Nebel, der nur einen kleinen Raum einnimmt, in kurzer Zeit verschwindet und nach einiger Zeit wieder erscheint. Weshalb bildet sich gerade hier der Nebel? und weshalb dehnt er sich nicht weiter aus? Einmal ist es mir in der Nähe von Wiesbaden möglich gewesen, die Umstände dabei genau zu erkennen. Nachdem ein starker Regen den Boden durchnäßt hatte, zerrissen die Wolken,

und wenn die Sonne durchbrach, so erhob sich stets von einer einzigen nicht großen Stelle eine Nebelsäule; an dieser Stelle angekommen, fand ich hier eine kurz abgemähete Wiese, während auf allen benachbarten noch langes Gras stand, welches keine so starke Erwärmung des Bodens gestattete, als auf der gemähnten. Ein ähnliches, aber großartigeres Phänomen habe ich öfter in der Schweiz gesehen. Während ich in der Höhe, namentlich auf dem Faulhorne, den prachtvollsten heitern Himmel hatte, zeigten sich über den Seen der ebenen Schweiz Nebel von sehr ungleicher Dichtigkeit. Am größten war letztere im Allgemeinen über den Seen von Zug, Zürich und Neufchatel, dagegen sehr unbedeutend über dem von Thun, und namentlich von Brienz, ja letztere zeigten oft nur sehr geringe oder gar keine Spuren von Nebel, während er auf jenen ziemlich dicht war. Die häufige Wiederkehr der Erscheinung macht es wenig wahrscheinlich, daß wir es hier mit bloßen Zufälligkeiten zu thun haben. Der Zuger See hat eine bedeutende Tiefe und nimmt nur kleine Zuflüsse auf, von denen kein einziger aus der Region des ewigen Schnees kommt, so daß er eine weit höhere Temperatur erlangt, als der Brienzner See, in welcher sich die mächtige Aar ergießt, kurz nachdem sie die Glätscher verlassen hat. Daher erhebt sich von dem wärmeren Zuger See eine größere Menge Dämpfe, als vom Brienzner, und bei einerlei Wärme der Luft bildet sich über jenem leichter Nebel, als über letzterm.

Wo sich die erwähnten Umstände, feuchter warmer Boden und kältere feuchte Luft, vereinigen, da finden wir die Nebel sehr häufig. Daher zeigen sie sich im Herbst und Winter so oft in den Küstengegenden, wie besonders in England, in dessen Nähe das atlantische Meer eine hohe Temperatur hat. Ganz dasselbe gilt von den Polarmeeren, und die Gegend von Neu-Fundland ist wegen dieses Umstandes bei allen Reisenden berüchtigt, weil der von Süden kommende Golfstrom hier eine weit größere Wärme hat, als die Luft.

Wie dicht Nebel in großen Städten unter Umständen werden können, davon liefert uns London ein auffallendes Beispiel. Wenn man die Zeitungen liest, so wird man fast in jedem Winter ein oder mehrere Mal die Nachricht finden, der Nebel sey so dicht gewesen, daß man sich während des ganzen Tages genöthigt ge-

sehen habe, die Läden und Straßen zu erleuchten. So war das selbst, um nur ein Beispiel zu erwähnen, am 24. Februar 1852 ein solcher Nebel, daß man bei Tage auf den Straßen kaum etwas sehen konnte, und am Abend, wo zu Ehren des Geburtstages der Königin eine glänzende Illumination veranstaltet wurde, gingen Knaben mit Fackeln auf den Straßen umher, um, wie sie sich ausdrückten, die Illumination aufzusuchen. Ähnliche Erscheinungen sind in Amsterdam und Paris beobachtet, aber zuweilen war der Himmel in geringer Entfernung von diesen Städten ganz hell. Haben wir es hier mit einer Trübung der Luft durch bloße Nebelbläschen zu thun? Ich bezweifle dieses, vielmehr glaube ich, daß Rauch, namentlich von Steinkohlen, dabei am wirksamsten sey. Wenn wir Kohle, namentlich wenn sie fein gepulvert ist, gut ausglühen, sodann im luftleeren Raume abkühlen lassen und sie dann in ein Gefäß bringen, in welchem sich irgend eine Luft befindet, so wird die Luftmenge in kurzer Zeit vermindert; die Kohle saugt nämlich mit Begierde die ihr dargebotenen Luftarten ein und verdichtet sie, was besonders der Fall ist, wenn die Luftarten feucht sind. Dadurch wird das Gewicht der Kohle selbst größer. Wenn man z. B. 100 Pfund frisch geglühter Kohle einige Tage der freien Luft aussetzt, so wird von ihnen so viel Luft und Wasserdampf verschluckt, daß die Masse 110 bis 115 Pfund wiegt, eine Thatsache, welche in Kohlenbrennereien und Pulverfabriken sehr wohl bekannt ist. Wenn der aus fein zertheilter Kohle bestehende Rauch aus dem Schornsteine hervortritt, so absorbiert er sogleich etwas Luft und nimmt an Gewicht zu, jedoch durch Luftströmungen kann er ziemlich weit getrieben werden, ehe er zu Boden fällt. Ist dagegen die Luft sehr feucht und windstill, wie dieses meistens bei dichten Nebeln der Fall ist, so nimmt wegen der raschen Verschluckung von Luft und Wasserdampf das Gewicht der Rauchtheilchen schnell zu, mit dem Nebel vermischt ziehen sie in der Nähe ihrer Geburtsstätte umher, wodurch die Luft im hohen Grade getrübt wird.

Nach dem Gesagten bedarf es wohl kaum eines Beweises, daß eigentliche Nebel nicht vorhanden seyn können, wenn die Luft einen hohen Grad von Trockenheit besitzt. Daher fehlen sie in den Sandwüsten ganz, denn was Reisende hier als Nebel erwähen, welche sich zuweilen selbst um die Mittagszeit zeigen,

sind in die Höhe gewirbelte Sand- und Staubtheilchen. Eben so wird wohl in unseren Klimaten von trockenen Nebeln gesprochen; wird hier das Phänomen nicht mit dem später zu erwähnenden Höherauche verwechselt, so sind es jedenfalls Staubtheilchen, welche vom Winde in die Höhe gerissen werden, denn eigentliche trockene Nebel enthalten einen Widerspruch der Begriffe.

In den bisherigen Fällen wurde vorausgesetzt, daß die Dämpfe schon in der Luftschicht niedergeschlagen würden, welche unmittelbar über der Wasseroberfläche lag, in welcher sie sich entwickelten. Jedoch ist es eben so gut möglich, daß diese Dämpfe in und mit warmen Luftmassen nach kälteren Gegenden kommen und hier in Nebel verwandelt werden, oder daß die Temperatur einer Gegend schnell sinkt, und daß dadurch eine Nebelbildung möglich wird. Vorfälle beider Art lassen sich besonders im Winter in unseren Gegenden häufig wahrnehmen. Entweder bringen südwestliche Winde zu uns sehr viele Dämpfe, oder es erheben sich kalte nordöstliche Winde, welche schnell eine große Menge Nebels blasen bilden.

Wolken auf Gebirgen.

Sehr lebhaft zeigt sich die Nebelbildung durch aus der Ferne herbeigeführte Dämpfe auf den Bergen. Selbst in solchen Gegenden, wo es selten oder nie regnet und Wolken daher nicht häufig sind, finden wir, daß die Bergspitzen zuweilen von dichten Wolken eingehüllt sind, wie dieses im Innern von Asien und Africa der Fall ist. Wenn nämlich ein feuchter Wind sich genöthigt sieht, schnell an dem Abhänge der Bergkette in die Höhe zu steigen, so kommen die Dämpfe bald in Luftmassen von so geringer Temperatur, daß sie nicht mehr im elastischen Zustande bleiben können, und sie werden mit Schnelligkeit niedergeschlagen. Besonders ist dieses der Fall, wenn auf beiden Seiten der Bergkette verschiedene Winde wehen, welche hier auf der Spitze zusammentreffen. Ich habe Erscheinungen dieser Art sehr häufig in den Alpen beobachtet, und es möge daher genügen, eine derselben ausführlicher zu betrachten. Auf der Spitze des Rigi wehte ein starker Südwind und die in bedeutender Höhe über mir fortziehenden Wolken kamen aus derselben Richtung. Gleich-

zeitig wehte in Zürich ein Nordwind, welcher bei seiner weitem Verbreitung allmählich an dem steilen nördlichen Abhänge des Berges in die Höhe stieg. So wie er den Kamm erreichte, bildeten sich kleine Nebelmassen, welche es versuchten, den Kamm zu übersteigen, aber hier trieb sie mit Heftigkeit der Südwind zurück, unter einer Neigung von etwa 45° stiegen sie nach Norden zurückgetrieben in die Höhe und verschwanden hier in geringer Entfernung vom Kamme. Mehrere Stunden hinter einander fand der Kampf beider Winde hart am Kamme Statt; die Anstrengung des Nebels, nach Süden vorzudringen, und der Widerstand des südlichen Windes waren Ursache vieler Wirbel, deren Richtung der Nebel genau angab, und selbst Reisende, welche sich wenig um die Erscheinungen in der Atmosphäre bekümmerten, konnten dieses Schauspiel nie ohne Verwunderung betrachten.

Wenn man ein größeres Gebirge von der Ferne betrachtet, so findet man nicht selten an jeder Bergspitze eine feststehende Wolke, während der Zwischenraum völlig heiter ist. Stundenlang dauert diese Erscheinung. Aber diese Ruhe ist nur scheinbar, auf der Bergspitze selbst weht ein heftiger Wind, die Wolke entsteht dadurch, daß die in die Höhe gestiegenen Dämpfe auf der Spitze condensirt werden; so wie aber die Nebel auf der andern Seite weiter gehen, kommen sie in wärmere Gegenden und werden hier ganz aufgelöst. Saussure hat dieses Phänomen häufig in den Alpen bemerkt, und L. v. Buch, welcher zuerst eine genügende Erklärung davon gegeben hat, fügt hinzu, auf den Pässen der Alpen sey das Hervortreten, Bewegen und Wiederverschwinden des Nebels eins der schönsten, lebhaftesten und auffallendsten Schauspiele. Nicht selten ziehen die Nebel am Hospiz des Gotthard schnell vorüber; mächtig und dicht drängen sie sich in das plötzlich herabstürzende Thal von Tremola und über die Levantine hin. Man sollte glauben, in wenig Minuten sey die ganze Lombardei mit Nebeln bedeckt. Allein die Wolken erreichen nicht einmal den Ausgang des Thaies von Tremola, von dem aus der Tiefe aufsteigenden warmen Luftströme werden sie schnell aufgelöst.

W o l k e n.

Betrachten wir die Wolken, die Mannigfaltigkeit ihrer Gestalten, den Wechsel ihres Ansehens, so ist hier die Vielartigkeit der Verhältnisse so groß, daß es kaum möglich scheint, in dieses Chaos Ordnung zu bringen. Nichts desto weniger haben sich verschiedene Physiker bemüht, die Wolken auf eine ähnliche Art zu classificiren; es ist die Unterscheidung derselben nicht bloß wichtig zur genauern Kenntniß der Erscheinung an sich, sondern die einzelnen Arten stehen nicht selten mit der vorigen und folgenden Witterung in innigem Zusammenhange.

Wir haben bisher angenommen, daß die Wolken bloß aus Nebelbläschen also aus Wasser beständen; erwägen wir jedoch, daß die Dämpfe sich oft bis zu Regionen erheben, in denen die Temperatur viele Grade unter dem Gefrierpunkte liegt, so wird dadurch auch die Möglichkeit gegeben, daß Wolken aus Schneetheilschen bestehen können. Wenn im Winter bei großer Kälte Dämpfe in die Höhe steigen, so erkennt man nicht selten bei lebhaftem Sonnenscheine helle glänzende Pünktchen, welche schnell fortziehen und sich bei näherer Untersuchung als kleine Schneeflocken zu erkennen geben. Ganz etwas Aehnliches muß in der Höhe geschehen, und wir sehen uns daher zunächst genöthigt, solche Wolken zu unterscheiden, welche aus Schnee und solche welche aus Nebelbläschen zusammengesetzt sind. Wir werden später die Gründe kennen lernen, welche es uns möglich machen, diese Verschiedenheit bei Phänomenen zu erkennen, welche sich mehrere tausend Fuß über uns befinden; wir werden mehrfach zu bemerken Gelegenheit haben, wie wichtig diese bisher gar nicht gemachte Unterscheidung für die Erklärung mehrerer Phänomene ist.

Weniger durch den Bau, als durch ihr äußeres Ansehen bezogen, unterschied der Engländer Howard drei wesentlich verschiedene Formen von Wolken, nämlich den Cirrus, den Cumulus und Stratus, denen sich noch vier Unterarten, theils als Uebergänge, theils als aus mehreren andern verbunden, anschließen, nämlich der Cirrocumulus, Cirrostratus, Cumulostratus und Nimbus.

Der Cirrus oder die Federwolke (für welche ich bei Schweizer Landleuten sehr häufig den Namen Südweswolke hörte) besteht meistens aus zarten Fäden, welche bald als ein feiner weißlicher Federpinsel am Himmel erscheinen, bald das Ansehen von gekräuselten Locken haben, bald sich netzförmig durchkreuzen.

Der Cumulus oder die Haufenwolke (bei den Schweizern häufig schlechtthin Bise genannt, womit sie auch die nördlichen Winde bezeichnen) zeigt sich in der einfachsten Form als eine Halbkugel über einer horizontalen Grundfläche; es häufen sich bald mehrere solcher einzelnen Halbkugeln und bilden die Wolken, welche, am Horizonte stehend, einem Gebirge mit glänzenden Gipfeln, theils hell beleuchtet, theils dunkel schattirt, gleichen.

Der Stratus oder die Schichtwolke ist eine oben und unten horizontal begränzte Nebelschicht, welche wir an heiteren Sommertagen über Wiesen und Gewässern sehen, welche sich beim Untergange der Sonne bildet und nach ihrem Aufgange verschwindet.

Unter Cirrocumulus oder federiger Haufenwolke versteht Howard die zarten, runden, in Reihen geordneten Wolken, welche in Deutschland gewöhnlich Schäfchen heißen.

Der Cirrostratus oder die federige Schichtwolke besteht aus flachen Wolkenblättchen, auch wohl aus kurzen faserigen Theilen, die aber schon dichter aussehen als die Federwolken und durch welche häufig die Sonne kaum durchzudringen vermag; diese Wolke bildet stets eine horizontale Schicht, welche im Zenith aus einer Menge zarter Wolken zusammengesetzt erscheint, am Horizonte aber, wo wir den verticalen Querschnitt erblicken, sich als eine lange Wolke von sehr geringer Breite zeigt.

Wenn die Cumuli endlich sich mehren und ein dunkleres Ansehen erhalten, so geht diese Wolkenart in den Cumulostratus oder die gethürmte Haufenwolke über, welche besonders am Horizonte stehend häufig ein schwarz oder blaugraues Ansehen hat, und dann nicht selten in die Regenwolke oder Nimbus übergeht, die sich mehr durch ein gleichförmig graues Ansehen und einen faserigen Rand auszeichnet, so daß man nicht mehr im Stande ist, die einzelnen Theile derselben zu unterscheiden.

So leicht sich diese Wolkenarten unterscheiden lassen, wofern sie recht rein ausgebildet sind, so schwierig wird es häufig zu bestimmen, zu welcher Art eine Uebergangsform gehöre. So bin ich fest überzeugt, daß ich selber sehr häufig eine Wolkenform zu dem dichten Cirrus rechne, welche andere Beobachter für Cirrostratus ausgeben. Ich habe auf Taf. III. Fig. 2. die auffallendsten Gestalten mitgetheilt, welche diese Wolken haben, und will jetzt dazu übergehen, einige ihrer Eigenthümlichkeiten zu betrachten.

Wenn das Wetter längere Zeit schön gewesen ist und das bis dahin hoch stehende Barometer nun langsam zu sinken beginnt, so zeigen sich häufig die Cirri in ihrer reinsten Form als feine weiße Fasern auf dem blauen Himmelsgrunde; entweder sind es feine, weit ausgedehnte und parallele Fäden, die oft kaum zu erkennen sind und sich dabei meistens von S oder SW nach N oder NO erstrecken; zu andern Zeiten laufen davon ähnliche parallele Fäden nach beiden Seiten aus, die Wolke erhält dann das Ansehen eines Pferdeschweifes: eine Modification, welche im gemeinen Leben mit dem Namen *Windsbäume* bezeichnet wird; zu andern Zeiten durchkreuzt sich eine große Menge solcher Fäden, die Wolke erhält dabei ein verfilztes Ansehen und geht in den Cirrostratus oder Cirrocumulus über. Die oft blendend weiße Farbe dieser Wolken gestattet es nicht immer, ihren Bau genauer zu erkennen und ihre Abänderungen zu verfolgen, aber zu dieser, so wie zu vielen andern Untersuchungen über den Bau der Wolken leistet ein schwarzer Spiegel treffliche Dienste. Eine Platte entweder von schwarzem oder gewöhnlichem auf der Rückseite mit einem schwarzen Firniß bezogenen Spiegelglas wird dergestalt gehalten, daß die Wolken, welche man ansehen will, darin erscheinen; das Auge wird weniger geblendet und man vermag das Ganze mit Ruhe zu betrachten.

Der Cirrus ist die höchste der Wolken, es wird jedoch schwierig, ihre Höhe mit Schärfe zu bestimmen. Messungen, welche ich in Halle angestellt habe, die aber stets eine große Unsicherheit bei dieser wenig scharf begränzten Wolkenart zulassen, deuten auf eine Höhe, welche zuweilen 20000 Fuß übersteigt; Reisende auf den höchsten Gebirgen sagen, ihnen sey diese Wolke noch eben so erschienen, als aus den Ebenen; bei einem 11wö-

Eentlichen Aufenthalte in der Nähe des mehr als 12000 Fuß hohen Finsteraarhornes in den Alpen habe ich aller Aufmerksamkeit ungeachtet nie bemerkt, daß eine Federwolke tiefer gewesen sey, als die Spitze des Berges. Wodurch sich diese Wolke von allen übrigen auszeichnet, ist der Umstand, daß sie es ist, in welcher die größeren Höfe und Nebensonnen erscheinen; ja wenn man auf die Phänomene genauer achtet und dabei die Wolke vermittlest des schwarzen Spiegels betrachtet, so wird man fast beständig in dieser Wolkenart Spuren von Höfen erkennen. Da nun, wie wir später sehen werden, diese Luftercheinungen ihren Grund in einer Brechung des Lichtes in Eistheilchen haben, so müssen wir aus dieser Thatsache folgern, daß der Cirrus selbst im hohen Sommer aus Schneetheilchen bestehe, welche in bedeutender Höhe in der Luft schweben. Fast zehnjährige Beobachtungen, bei denen ich vielfach auf diesen Punkt achtete, haben mich von der Richtigkeit dieser Thatsache überzeugt, dagegen habe ich in derselben Zeit nie ein einziges Phänomen beobachtet, welches darauf gedeutet hätte, daß die Cirri aus Nebelbläschen zusammengesetzt wären. Es mag allerdings Mancher darüber verwundert seyn, daß im Sommer; zu einer Zeit, wo wir in den Ebenen eine Temperatur von mehr als 20 Graden haben, die über uns schwebenden Wolken aus Schnee bestehen sollen; wenn man jedoch die Höhe der Wolken und die schnelle Abnahme der Temperatur vor Augen behält, so verschwindet das Wunderbare; regnet es vielleicht an solchen Tagen, so werden die Spitzen der Alpen häufig von frisch gefallenerem Schnee bedeckt.

Mit der Bildung der Federwolken beginnt nicht selten eine Aenderung der Witterung; im Sommer folgt Regen auf die hitzere Witterung, im Winter Thaumwitter oder Kälte. Wenn im Anfange ihres Erscheinens die Windfahnen auch noch immer nördliche Winde angeben, so ziehen diese Wolkenfasern bereits mit südlichen, besonders südwestlichen Winden, und bald nachher wehen letztere auch am Boden. Wir müssen deshalb annehmen, diese Wolken würden dadurch gebildet, daß südwestliche Winde bereits in der Höhe herrschen, und daß in Folge davon das Barometer sinkt; diese Winde bringen eine große Menge von Dämpfen aus feuchten und wärmeren Gegenden mit, die bei uns niedergeschlagen werden und sich zunächst in der Höhe zeigen:

eine Ansicht, welche besonders von Dove entwickelt ist, und durch welche die Bezeichnung der Schweizer gerechtfertigt wird.

Wenn der Südwestwind immer mehr das Uebergewicht erhält und sich nun in die unteren Regionen erstreckt, so wird der Cirrus bei hinreichender Feuchtigkeit auch dichter, er geht in den Cirrostratus über, der sich im Anfange seiner Entstehung meistens als eine fein verfilzte weiße Masse zeigt, die aber nach und nach grauer wird; dabei scheint die Wolke tiefer zu sinken, es bilden sich Nebelbläschen, welche endlich das Uebergewicht erhalten, und in der Regel folgt darauf bald Regen.

Zu anderen Zeiten zeigen sich unter ähnlichen atmosphärischen Verhältnissen Cirrocumuli, welche ganz aus Nebelbläschen bestehen und meistens einen sehr lockern Bau haben. Das durch sie hindurchgehende Licht der Sonne wird nur wenig geschwächt; ja Humboldt konnte durch dieselben oft Sterne vierter Größe beobachten und selbst die Flecken des Mondes erkennen; ziehen diese Massen vor Sonne oder Mond vorbei, dann zeigen sich um diese Himmelskörper häufig die schönsten, prachtvoll gefärbten Lichtkränze. Wenn diese Wolken erscheinen, so folgt in der Regel sehr bald warme Witterung; es scheint, als ob die warmen Südwinde der oberen Regionen nicht eine hinreichende Menge von Dämpfen mit sich bringen, um eine totale Bewölkung zu verursachen, daß sie nur durch ihre Wärme wirksam werden.

Während die bisher betrachteten Wolken vorzugsweise durch südliche Winde bedingt werden, wird der Cumulus besonders durch den aufsteigenden Luftstrom hervorgerufen. Bald in geringer Entfernung vom Boden erhebt er sich zu anderen Zeiten bis zu bedeutender Höhe, ist aber stets tiefer als rein ausgebildete Cirri. In seiner vollkommensten Gestalt zeigt er sich meistens an schönen Sommertagen. Wenn dann die Sonne bei heiterem Himmel aufgeht, so zeigen sich um etwa 8 Uhr Morgens, bald früher, bald später, einzelne Wolfenflecke, welche schnell sichtbar von innen wachsen und sich nach und nach vergrößern, dabei meistens scharf begränzte Ränder haben, die aus krummen Linien bestehen, welche sich in den verschiedensten Richtungen durchschneiden. Zahl und Größe, zum Theil auch die Dichtigkeit dieser Wolken, nimmt immer mehr zu, bis die Tageswärme am größten ist; hierauf nehmen sie wieder ab, und gegen die Zeit des

Sonnenunterganges ist der Himmel wieder heiter. Mit den erwähnten Umständen ändert sich auch gleichzeitig die Höhe. Diese ist am Morgen am kleinsten, nimmt bis zum Nachmittage zu, und gegen Abend sinken die Wolken in die Tiefe. Dieses zeigen directe Messungen, und auch ohne solche kann man sich in den Gebirgen davon überzeugen. Wie oft habe ich am Morgen die Cumuli unter mir gesehen, allmählig stiegen sie höher, gegen Mittag war ich etwa eine Stunde von Nebeln umgeben, und später sah ich nur über mir Wolken, die am Abend häufig wieder zu mir herabsanken.

Diese Wolken entstehen dadurch, daß der aufsteigende Luftstrom die Dämpfe nach den oberen und kälteren Schichten führt, wo die Luft in kurzer Zeit gesättigt wird; so wie dieser Strom lebhafter wird, erheben die Dämpfe und Wolken sich höher, aber hier werden letztere in Folge der geringern Temperatur immer größer und dichter, daher ist oft ein großer Theil des Himmels um Mittag dicht bezogen. So wie gegen Abend die aufsteigende Luftstrom an Lebhaftigkeit abnimmt, sinken die Wolken wieder herab, und indem sie in wärmere Luftschichten kommen, verwandeln sie sich wieder in unsichtbare Dämpfe. Aus dieser Entstehungsart müssen wir, wie Caussure gezeigt hat, wahrscheinlich die abgerundete Gestalt dieser Wolken herleiten. Wenn nämlich eine Flüssigkeit durch eine andere geht, so nimmt letztere, wegen des Widerstandes der ruhenden so wie wegen der Anziehung der Theile unter sich, eine Säulengestalt an, welche entweder einen ganz kreisförmigen Durchschnitt hat, oder bei welcher der letztere doch von vielen Kreißbögen zusammengesetzt ist. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man einen Tropfen Linte, Milch u. s. w. auf die Oberfläche von reinem Wasser fallen läßt. So bilden die aufsteigenden Luftmassen ähnliche Säulen, deren Umrisse durch die Wolke angegeben werden; dazu kommen wahrscheinlich noch schwache Wirbel an den Rändern dieser Masse, welche man bei den Wolken auf Gebirgen sehr häufig bemerkt und welche man nicht selten vermittelt des schwarzen Spiegels mit Leichtigkeit beobachten kann, die ebenfalls zur Abrundung der Gestalt beitragen, ähnlich wie man dieses bei fortgehendem Rauche häufig bemerkt.

Nicht immer verschwinden die Cumuli gegen Abend, häufig sogar vermehren sie sich, sie werden dunkler, die Ränder weniger glänzend und sie gehen in den Cumulostratus über, besonders wenn sich in größerer Höhe eine Schicht von Federwolken befindet. Regen und Gewitter sind dann bald zu erwarten. In bedeutenden, so wie in mittleren Höhen ist dann die Atmosphäre der Sättigung nahe, der südliche Wind der Höhe, so wie der aufsteigende Luftstrom geben zu vielfachen Vermischungen ungleich warmer und feuchter Luftmassen Veranlassung, in Folge deren Wasser herabfallen kann.

Unter allen Wolkenarten zeichnen sich die Haufenwolken, besonders an schönen Sommertagen dadurch aus, daß sie der Phantasie einen weiten Spielraum darbieten. Wer hat wohl diese Wolken und ihre fast beständig sich ändernden Umrisse gesehen, ohne darin bald die Gestalten von Menschen, Thieren und andern Gebilden zu erblicken? Dichter entnehmen öfter aus ihnen ihre Bilder und beim Lesen von Ossian's Gedichten wird man häufig daran erinnert; viele Volksfagen, besonders in Gebirgsgegenden nehmen darauf Rücksicht. Da an schönen Tagen diese Wolken meistens auf einem weiten Raume ungefähr gleiche Höhe haben, so ergiebt sich daraus eine Erscheinung, welche ich häufig in den Alpen bemerkt habe. Wenn ich an schönen Tagen einen völlig heitern Himmel über mir hatte, so erblickte ich von der Höhe aus nicht selten in geringer Höhe über dem reinen Horizonte einen Wolkenstreifen, der etwa die doppelte bis dreifache Breite des Mondes hatte, oben und unten einen scharf begränzten Rand hatte und einer Perlenkette gleich, welche von den westlichen Rändern der Alpen über das Hügelland von Frankreich und Deutschland bis gegen Tyrol gespannt wurde. Ich befand mich alsdann in einer Höhe, welche nur etwas geringer war, als die der Wolken, und die Menge derselben, welche auf einem Raume von vielen Meilen zerstreut war, schien nun in einer schmalen Zone auf den Himmel projectirt. Diese Projection ist auch Ursache, daß es häufig schwierig wird, Cumuli und Cumulostrati zu unterscheiden. Wie häufig geschieht es nicht, daß nur einzelne Cumuli in bedeutender Höhe am Himmel erscheinen; dicht gedrängt sind die Wolken am Horizonte, man glaubt, es müsse in kurzer Zeit alles bewölkt seyn, und doch dauert der Sonnenschein ohne

Unterbrechung fort. Eine einfache Betrachtung zeigt jedoch, daß dieses Phänomen ebenfalls seinen Grund in einer Projection hat. Man denke sich (Taf. III. Fig. 3.) eine Reihe kugelförmiger Wolken von gleicher Größe und einerlei Abstand, und ziehe von seinem Standpunkte Linien nach den Gränzen der Wolke, so ist der helle Zwischenraum zwischen den Wolken B und C in der Nähe des Scheitels am größten, er wird kleiner, wenn wir uns dem Horizonte nähern, und hier ist keine Spur von heiterem Himmel zu erkennen.

Während die rein ausgebildeten Cumuli vorzugsweise während des Tages entstehen und in der Nacht verschwinden, treffen wir eine andere, dem Cumulus verwandte Wolkenart, welche ein etwas abweichendes Verhalten zeigt. Nicht selten sehen wir am Nachmittage ziemlich dichte rundliche oder gedehnte Wolkenmassen mit unbestimmten Rändern, deren Zahl gegen Abend größer wird, bis in der Nacht der ganze Himmel trübe wird. Dieses ist auch noch am folgenden Morgen der Fall, aber einige Stunden nach dem Aufgange der Sonne verschwindet diese Bewölkung; erst wenn diese zuletzt nur aus dünnen Fasern bestehen, den Wolken verschwunden sind, pflegen die eigentlichen Cumuli zu entstehen, und zwar in Höhen, welche nach einigen von mir gemachten Messungen größer sind, als die von jenen Wolken; eben so pflegen sie erst am Abend nach dem Verschwinden der Cumuli zu erscheinen. Mit dem Cumulus und Cumulostratus hat diese Wolke die Zusammensetzung aus Nebelbläschen, so wie die dichte Anhäufung gemein, aber abweichend ist die Abhängigkeit von den Tageszeiten; mit dem Stratus stimmt sie in Betreff der weiten Ausbreitung überein, weicht aber dadurch ab, daß sie oft eine große Höhe hat; man kann sie jedoch mehr zu ihm, als zu den eigentlichen Cumulis rechnen, deshalb schlage ich dafür den Namen Strato-Cumulus oder haufenartige Schichtwolke vor. Diese Wolkenart, welche im Winter den Himmel oft wochenlang hindurch bedeckt, entsteht wahrscheinlich dadurch, daß die Luft in einer mittlern Höhe über dem Boden eine Temperatur hat, welche kleiner ist, als diejenige, welche wir aus der Wärme am Boden nach der gewöhnlich regelmäßigen Abnahme herleiten würden. So wie aber die Sonne höher steigt, löst sie durch ihre Strahlen die Wolken auf, die Dämpfe steigen schnell aufwärts und nun bilden sich die Cumuli.

Diese Einwirkung der Sonne auf die Dämmerung giebt zu einem Witterungsverhalten Veranlassung, welches den Landwirthen wohl bekannt ist. Der Morgen ist trübe, dichter Regen fällt herab, aber gegen 9 Uhr zerreißen die Wolken, die Sonne dringt durch und der Tag wird heiter. Zu anderen Zeiten ist der Morgen bei feuchter Luft heiter, bald bilden sich Wolken, gegen Mittag ist der Himmel trübe, es fällt Regen, der jedoch gegen Abend wieder aufhört. Im ersten Falle war es ein Stratus cumulus, im zweiten ein Cumulostratus, ersterer wich vor den Strahlen der Sonne, letzterer ward dadurch gebildet. Wäre uns Temperatur und Dampfgehalt der Luft eben so gut in der Höhe von mehreren tausend Fuß über dem Boden, als in der Nähe des letztern bekannt, dann würde sich dieser Gegensatz wahrscheinlich leicht erklären lassen.

Ursache des Schwebens der Wolken.

Betrachten wir die Wolken vom Boden; sehen wir, wie oft in kurzer Zeit viele Centner Wasser herabfallen, so begreift man nicht, wie dieses Wasser in der Luft schwimmen konnte. Die Naturforscher haben zur Erklärung dieses Schwebens viele Hypothesen erfunden. Theils sollte der Regen dadurch entstehen, daß die Luft selbst in Wasser verwandelt würde, theils sollten die Nebelbläschen mit einer Luftart gefüllt seyn, welche leichter wäre, als die atmosphärische. Beide Annahmen werden durch die chemischen Untersuchungen widerlegt; sollen die Bestandtheile der Luft chemisch verbunden werden, so wird nur Salpetersäure, aber nie Wasser gebildet, und Luft, welche in dichten Wolken und Nebeln geschöpft einer Prüfung unterworfen wurde, zeigte keine Spur von den leichteren Gasen. Wir müssen daher nothwendig annehmen, daß die mit gewöhnlicher Luft gefüllten Nebelbläschen schwerer, sind als das Mittel, in welchem sie schwimmen, sie müßten also zu Boden fallen; nichts desto weniger bleiben sie in der Höhe, ja sie steigen besonders im Sommer während des Tages aufwärts. Eine einfache Betrachtung zeigt die Möglichkeit davon sehr leicht.

Wenn ein Nebelbläschen sich selbst überlassen wird, so fällt es eben so wie jeder schwere Körper zu Boden, es würde hier mit einer großen Endgeschwindigkeit ankommen, wenn es sich im lee-

ren Raume befände; da letzteres nicht der Fall ist, so muß es die unter ihm befindliche Luft, deren Stelle es einnehmen will, vertreiben, und dieser Widerstand hebt einen Theil seiner Geschwindigkeit auf; die von der Schwere hervorgebrachte Geschwindigkeit wird dadurch verzögert, und zwar desto mehr, je dünner die Hülle des Bläschens ist. Wenn wir nun auf diesen Vorgang die allgemeinen Gesetze anwenden, welche uns die Mechanik über die Bewegung der Körper in der Luft zeigt, so ergibt sich, daß die Geschwindigkeit eines solchen fallenden Nebelbläschens sehr klein sey: fiel es nämlich aus der Höhe von mehreren tausend Fuß, so würde es bei seiner Ankunft an der Erde nur eine Geschwindigkeit von höchstens 4 Fuß in der Secunde haben, ja in manchen Fällen würde letztere noch nicht einen Fuß betragen.

Freilich, sagen manche Naturforscher, ist dieses stets eine Geschwindigkeit, vermöge deren das Nebelbläschen fallen muß; möge es zu dieser Bewegung Minuten oder Stunden gebrauchen, das ist gleichgültig; aber dennoch zeigt die Erfahrung, daß die Wolken in der Höhe bleiben. Wer jedoch Wolken auf Bergen oder auch nur die Nebel in den Ebenen betrachtet hat, wird sich sehr bald überzeugen, daß alles Wunderbare dabei wegfällt. Was uns aus der Ferne als ruhende Masse erscheint, ist in fortwährender Bewegung begriffen; wenn die vom Winde fortgerissenen Nebel- und Wolkenheile in eine trockene Luft kommen, lösen sie sich auf, und an derjenigen Seite, welche vom Winde getroffen wird, entsteht ein neuer Niederschlag. Was also uns von der Tiefe aus eine scheinbar ruhige Masse zu seyn scheint, kann eben so gut eine langsam sinkende Wolke seyn, welche aber beständig an ihrem untern Theile aufgelöst wird, während sich an dem obern neue Bläschen bilden.

Es giebt jedoch auch einen Umstand, welcher diesem Herabsinken direct entgegenwirkt, es ist dieses der mehrfach erwähnte aufsteigende Luftstrom. Bei schönem Wetter beträgt die Geschwindigkeit der Nebelbläschen, welche eben zu sinken anfangen, höchstens einen Fuß in der Secunde, der aufsteigende Luftstrom dagegen hat eine mehrfach größere Schnelligkeit, und daher wird er nicht nur das Herabsinken der Nebelbläschen verhindern, sondern diese sogar in die Höhe reißen. Daher ist die Höhe der Cu-

muli an solchen Tagen um Mittag größer als am Morgen; so wie jedoch gegen Abend dieser Luftstrom schwächer wird, so sinken die Wolken auch wirklich herab, lösen sich aber meistens auf, wenn sie in wärmere Schichten der Atmosphäre kommen. Eben so können horizontal wehende Winde dieses Herabsinken fast ganz hindern.

Ich habe es bei dieser Betrachtung absichtlich vermieden, fremdartige Erfahrungen zum Grunde zu legen; aber dasjenige, was uns bei den Wolken so wunderbar erscheint, wird von uns bei jedem Winde auf eine andere Art beobachtet, ohne daß wir es anders als ganz natürlich finden. Wer hat nicht bemerkt, daß der Wind Pflanzensamen, Federn, Staub, Sand u. s. w. in bedeutender Höhe über dem Boden bis zu bedeutender Entfernung fortführt, und doch sind dieses Körper, welche sich selbst überlassen weit schneller fallen würden, als ein Nebelbläschen. In der Entfernung vieler Meilen von der africanischen Küste sind die Schiffe oft von Sand bedeckt worden, welchen die Winde aus der Sahara herbeiführten, und eben so bekannt ist es, wie weit die Asche bei vulkanischen Eruptionen oft geführt wird. Das Gewicht der gesammten Masse ist in diesen Fällen oft viel größer, als die Wassermenge, welche in der Luft schwebt. Geben wir daher die Vorstellung auf, als ob besondere Naturkräfte bei den Erscheinungen eine Rolle spielten, welche uns die Wolken zeigen; einfache Gesetze der Mechanik verhindern dieses Herabsinken bei ihnen eben so, als bei dem Staube.

Regen und Schnee.

Wenn die Nebelbläschen groß werden, die Temperatur schnell abnimmt, dann wird ihre Fallgeschwindigkeit größer, mehrere von ihnen vereinigen sich und fallen zu Boden. Treffen sie dabei auf sehr trockene Luftschichten, so findet auf ihrer Oberfläche eine fortwährende Verdunstung Statt, die gebildeten Tropfen werden immer kleiner und es fällt dann in der Tiefe weniger Regen, als in der Höhe, ja es geschieht wohl, daß die Tropfen gar nicht bis zum Boden fallen, sondern in der Luft verschwinden. Man kann dieses auch in den Ebenen, besonders im Frühjahr bei veränderlichem Wetter beobachten. Man sieht, wie aus einer entfernten Wolke Regen in Menge herabfällt, bemerkt aber

zugleich, daß dieser durch seine graue Farbe auffallende Regenstreifen nicht einmal den Boden erlangt. In anderen Fällen dagegen wird der Tropfen während des Fallens größer; da er nämlich die niedrige Temperatur der oberen Luftschichten besitzt, so schlägt sich auf seiner Oberfläche in jedem Momente eben so Wasserdampf nieder, als auf einem Gefäße kalten Wassers in einer warmen Stube. In diesem Falle, wo die ganze Atmosphäre feucht ist, wird es in der Tiefe stärker regnen, als in der Höhe.

Schon Höhenunterschiede von weniger als 100 Fuß zeigen dieses sehr auffallend. Um nämlich die Menge des herabgefallenen Regenwassers zu bestimmen, hat man Regenmesser (Hyetrometer, Pluviometer, Ombrometer) construirt. Im Allgemeinen bestehen diese aus oben offenen Gefäßen, welche auf einem freien Plage so aufgestellt werden, daß nur das als Regen oder Schnee herabfallende Wasser in sie fällt, ohne daß von benachbarten Dächern oder Bäumen etwas in sie fallen kann. Nach jedem Regen wird nun die Höhe gemessen, welche das in ihnen gesammelte Wasser hat; hat es geschneit, so wird der Schnee zuvor geschmolzen. Da jedoch diese Höhe des Regenwassers in unseren Klimaten häufig sehr klein ist, so könnten die bei der Messung möglichen Beobachtungsfehler einen großen Einfluß auf das Endresultat haben, und man hat deshalb mehrere Vorrichtungen angegeben, durch welche letztere vermieden werden. Am sichersten ist wohl der von Horner construirte Regenmesser, welchen ich im ersten Bande meines Lehrbuches der Meteorologie beschrieben habe. Meistens wendet man besondere Meßgefäße an. Man versteht eine Glasröhre, deren innerer Durchmesser ein bis zwei Zoll betragen möge, mit einer Scale, die so eingerichtet ist, daß jedem Theilstreiche der Raum eines Kubitzolles entspricht. Bequem ist es, wenn man das Gefäß so wählt, daß es mehr als zehn Kubitzoll enthält. Mit Sorgfalt wird gleichfalls die Größe der Oeffnung aufgesucht, welche der Regenmesser hat. Wir wollen annehmen, diese betrage einen Quadratfuß oder 144 Quadratzoll. Hat es geregnet, so wird die in dem Regenmesser befindliche Wassermenge in die Meßröhre gegossen, dadurch erfährt man, wie viel Kubitzoll Wasser gefallen sind, und daraus läßt sich die Höhe herleiten, welche das Regenwasser in dem Ombrometer hatte, indem man

mit der in Zahlen ausgedrückten Größe der Oeffnung in die gefundene Zahl der Kubitzoll dividirt. Gesezt also, man hätte auf diese Art 30 Kubitzoll gefunden, so hätte in unserem Beispiele das Wasser eine Höhe von $\frac{36}{144} = 0,25$ Zoll gehabt. Nöthig ist es übrigens, diese Messung sobald als möglich nach jedem Regen anzustellen, weil sonst ein Theil des herabgefallenen Wassers wieder verdunsten könnte und die gefundene Größe also zu klein wäre.

Stellen wir nun zwei Regennmesser, den einen etwa auf dem Dache eines Gebäudes, den andern auf einem daneben liegenden freien Plage auf, so finden wir nur selten in beiden gleiche Wassermengen, meistens ist die Regenmenge in der Höhe kleiner. Dieses geschieht besonders dann, wenn die Luft auch am Boden sehr feucht und von Winden bewegt ist. Es ist wahrscheinlich, daß der Wind die vom Boden in die Höhe spritzenden Tröpfchen auf eine ähnliche Art forttreibt und in das untere Gefäß führt, als wir dieses beim Schnee beobachten; wirksamer scheint jedoch der Umstand, daß die kalten Tropfen durch einen Niederschlag noch in dem Raume zwischen Dach und Boden größer werden. Wenn dagegen die Luft sehr trocken ist, dann ist die Regenmenge am Boden geringer als in der Höhe, weil die Tropfen in diesem Raume durch Verdunstung kleiner werden.

Alles Wasser, welches aus den höheren Regionen der Atmosphäre zu uns gelangt, fällt vorzüglich als Wasser und Schnee herab. Jedoch finden wir selbst mitten im Sommer, daß es in fester Gestalt als Hagel herabkommt; da jedoch bei Bildung desselben häufig electriche Kräfte als Ursache angesehen sind, so werde ich von ihm erst bei Betrachtung von diesen handeln. Häufig finden wir auch im Winter gefrorene Regentropfen, die aus klarem Eise bestehen. Dieses ist besonders dann der Fall, wenn längere Zeit starke Kälte herrschte und feuchte Südwinde den oberen Schichten eine bedeutende Wärme mittheilen. Dann bilden sich oben Regentropfen, die in der Nähe des Bodens gefrieren. Zuweilen kommt unter diesen Umständen das Wasser noch flüssig an, gefriert aber sogleich auf dem kalten Boden, den es mit einer Eissrinde überzieht: ein Vorgang, welchen man mit dem Namen des Glatteisens bezeichnet. Beide Erscheinungen er-

eignen sich bei schnell sinkendem Barometer und werden mit Recht als Vorboten von Thauwetter angesehen.

Wenn die Temperatur der Luft in der Nähe des Gefrierpunktes liegt, so fällt meistens Schnee, stets geschieht dies bei größerer Kälte; je niedriger indessen die Temperatur der Luft wird, desto kleiner wird die in ihr enthaltene Dampfmenge, daher nimmt unter übrigens gleichen Umständen die Menge von Schnee, welche in einer gegebenen Zeit fällt, mit der Temperatur ab, und kaum dürfte bei einer Temperatur von etwa -20° noch so viel Schnee fallen, um den Boden auch nur bis zur Höhe von ein oder mehreren Zollen zu bedecken. Die tiefste Temperatur, bei welcher ich es habe anhaltend schneien sehen, war $-18^{\circ},2$ am 18. Januar 1838, jedoch waren die Körner ungewöhnlich klein.

Schneefiguren.

Lassen wir die Schneeflocken auf einen Körper, besonders von dunkler Farbe fallen, dessen Temperatur mehrere Grade unter dem Gefrierpunkte liegt, so daß jene nicht geschmolzen werden, so erkennen wir in ihrem Bau eine große Regelmäßigkeit, welche schon frühzeitig die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich zog. Schon Kepler war über ihren Bau ganz entzückt, und er so wie viele andere Physiker suchten die Ursache dieser Bildungsart zu bestimmen. Jedoch erst seit der Zeit, wo man anfang die Gesetze der Krystallisation überhaupt zu verfolgen, ward es möglich, auch hier einiges Licht zu erlangen.

Fast alle Körper nämlich, welche aus dem flüssigen Zustande in den festen übergehen, haben die Eigenschaft, daß sich ihre kleinsten Theilchen zu festen Körpern vereinigen, welche von ebenen Flächen eingeschlossen werden, die eine bestimmte Neigung gegen einander haben. Zahl und Neigung dieser Flächen sind zwar bei chemisch ungleichen Körpern verschieden, bei Körpern aber, welche einerlei Zusammensetzung haben und welche unter ähnlichen Umständen gebildet werden, treffen wir darin eine solche Uebereinstimmung, daß die Mineralogen kleine Unterschiede in den Neigungen der Winkel dazu benutzt haben, um aus diesen scheinbar ähnlichen Körpern verschiedene Mineralgattungen zu machen. Solche regelmäßig gebildete Körper heißen Krystalle,

und man kann sich auf mannichfache Weise von ihrer Entstehungsart überzeugen. Man nehme z. B. einen Köffel voll Kochsalz, gieße darüber Wasser, dessen Menge man so lange vermehrt, bis beim öfteren Umschütteln alles Salz aufgelöst ist, und stelle die auf eine flache Schale geschüttete Lösung an einen warmen Ort. Jetzt verdunstet ein Theil des Wassers, und indem seine Menge kleiner wird, ist es nicht mehr im Stande, alle Salztheilchen zu behalten, diese scheiden sich theilweise aus der Lösung und vereinigen sich zu festen Körpern. Bei dieser Bildung fester Körper lagern sich die kleinsten Theilchen, welche kurz vorher im Wasser noch vollkommen frei beweglich sind, dergestalt, wie es die Gesetze des Gleichgewichtes erfordern. Obgleich sich nämlich alle Körper und mithin auch die kleinsten Theilchen, aus welchen diese gebildet sind, gegenseitig anziehen, so zeigt uns dennoch die nach verschiedenen Richtungen ungleiche Elasticität der Krystalle, daß zwei Atome desselben Stoffes sich nach allen Seiten nicht mit gleicher Kraft anziehen, es werden sich also diese Theilchen dann, wenn sie sich vollkommen frei bewegen können, so an einander ordnen, daß die Richtung der Kraft, mit welcher je zwei von ihnen am stärksten zusammenhängen, mit der Linie zusammenfällt, welche die Mittelpunkte von ihnen verbindet. Unter diesen Umständen ordnen sich die Theile des Salzes so zusammen, daß die gebildeten Krystalle die Gestalt von Würfeln haben. Haben diese Würfel, deren Seiten ungemein glänzend sind, eine etwas beträchtliche Größe erlangt, so nehme man einen heraus, breche etwa eine Kante ab und lege ihn wieder in die Flüssigkeit; zwar nimmt bei fortdauernder Verdunstung des Wassers das Wachsen des Krystalles im Allgemeinen zu, aber vorzugsweise ist es doch die abgebrochene Kante, welche ergänzt wird. So oft der Versuch unter ähnlichen Umständen wiederholt wird, sind die Gestalten dieselben, und oft finden wir beim Salze fast immer regelmäßige Würfel. Wenn wir jedoch die Umstände ein wenig ändern, wenn wir z. B. die Verdunstung schneller erfolgen lassen, oder wenn wir in die Lösung eine geringe Menge eines fremden Stoffes bringen, dann finden wir etwas abweichende Gestalten. Dann fehlen zuweilen die Kanten und Ecken des Würfels und an ihrer Stelle finden wir ebene Flächen, welche stets unter einem bestimmten Winkel gegen die Seiten des letztern geneigt sind, ja

es kann diese Abstumpfung so weit gehen, daß wir nur die eben erwähnten geneigten Flächen treffen, während die Seiten des eigentlichen Würfels ganz verschwunden sind. Wir sind nicht immer im Stande, bei unseren künstlichen Versuchen die Umstände so abzuändern, daß wir willkürliche Gestalten erhalten; wenn wir aber die in der Natur vorkommenden Gestalten der Mineralien näher betrachten, so finden wir häufig bei demselben Körper eine große Zahl von Formen, welche auch nicht die geringste Ähnlichkeit haben, jedoch zeigen einige wenige einfache Gesetze, wie man mit Leichtigkeit die eine dieser Gestalten aus der andern ableiten könne. Wahrscheinlich haben bei der Bildung dieser Formen sehr verschiedene Umstände der Temperatur, der Stärke der Lösung, die Nähe anderer Körper u. s. w. gewirkt, daß wir die Verschiedenheiten zum Theil daraus ableiten müssen.

In dem eben betrachteten Beispiele bildeten sich die Krystalle dadurch, daß ein Theil des Wassers verdunstete und der übrig bleibende Theil nicht mehr alles Salz im aufgelösten Zustande behalten konnte. Wir können indeß etwas Ähnliches bloß durch Schmelzung und darauf folgende Erkaltung vieler Körper erzeugen. Man nehme z. B. Schwefel und schmelze ihn in einem irdenen Gefäße; nachdem die flüssige Masse vom Feuer entfernt ist, bemerkt man nach einiger Zeit auf ihrer Oberfläche eine feste Rinde; man zerschlage diese und gieße durch die gebildete Oeffnung den noch flüssigen Schwefel. Ist nun das ganze Gefäß erkaltet, so findet man eine Rinde von Schwefel, welche seine Wände ganz bedeckt, aus welchen nach allen Seiten sehr regelmäßige Krystalle in Gestalt von Spießen hervorragen. So wie nämlich der Schwefel starr wird, ordnen sich seine kleinsten Theile regelmäßig an einander; wollten wir jedoch die ganze Masse fest werden lassen, so würden die nach allen Seiten anschließenden Krystalle sich so verwirren, daß man zwar die krystallinische Structur in dem gebildeten Körper erkennen, aber keinen einzigen regelmäßigen Krystall auffinden würde, wie wir dieses beim gewöhnlichen Stangenschwefel sehen; so wie wir jedoch den noch flüssigen Schwefel aus den Zwischenräumen zwischen den schon gebildeten Krystallen weggegoßen haben, vermögen wir letztere mit Leichtigkeit zu erkennen.

Etwas Aehnliches als beim Schwefel sehen wir auch beim Wasser. Ohne daß irgend ein Stoff entfernt wird, wie z. B. das Wasser bei Salzlösungen, verwandelt sich das Wasser durch bloße Erkaltung in einen festen Körper. Betrachten wir jedoch das auf Flüssen gebildete Eis, so ist darin keine Spur von Krystallen zu bemerken; es ist eine verworrene Masse von Krystallen, ähnlich dem Stangenschwefel. Verfolgt man aber das Gefrieren eines Flusses, so sieht man, daß vom Rande des Ufers oder des schon gebildeten Eises Strahlen auslaufen, welche bald parallel, bald gegen einander geneigt sind. Durchschneiden sich zwei solcher Spieße, so bilden sie Winkel von 60 oder 30 Grad mit einander; von diesen Strahlen selbst gehen andere meistens unter Winkeln von 30 oder 60 Grad aus, bis endlich bei Fortsetzung des Processes diese einzelnen Krystalle so verwachsen sind, daß sie eine gleichförmig compacte Masse bilden. Hebt man ein solches Stück glattes Eis in die Höhe, so zeigen sich häufig auf seiner untern Fläche sehr regelmäßige Krystalle. Aehnliche Erscheinungen zeigen sich beim Gefrieren der Fensterscheiben. Man sieht, wie hier aus einem Strahle nach beiden Seiten andere unter den erwähnten Winkeln mit bewundernswerther Regelmäßigkeit auslaufen; wäre die Scheibe vollkommen polirt, so würde man auch sehr regelmäßige Figuren darauf sehen, was auch häufig dann der Fall ist, wenn die Eissrinde auf ihnen sehr unbedeutend ist. Wenn dagegen die Zimmer feuchter sind, so dient jeder feine Riß der Scheiben, jedes Staubtheilchen, das darauf sitzt, zu einem neuen Ausgangspunkte von Krystallen, und indem diese sich nach allen Seiten ausbreiten, so entsteht jenes bunte Gewebe, welches man häufig nicht ohne Bewunderung betrachten kann.

Am schönsten werden die Krystalle des Wassers dann, wenn Dämpfe sich aus der Luft zu festen Körpern vereinigen, dieses ist der Fall beim Reife, der sich beim ruhigen Wetter bildet, eben dieses zeigt sich beim Schnee, wenn er ohne Wind herabfällt. Aber Temperatur, Feuchtigkeit, Bewegung der Luft und andere Umstände scheinen auf die Gestalt der Krystalle großen Einfluß zu haben, aber ungeachtet dieser großen und bewundernswürdigen Mannigfaltigkeit lassen sich alle aus demselben Gesetze ableiten. Wir finden nämlich, daß die einzelnen Theile sich besonders unter Winkeln von 30, 60 und 120 Grad verbinden, und eben so

zeigt die Erfahrung, daß die Gestalten, welche gleichzeitig herabfallen, in der Regel gleich sind; entsteht aber eine Pause beim Herabfallen des Schnees, so folgen vielleicht abweichende, aber wieder unter sich übereinstimmende Gestalten.

Die meisten Belehrungen über diesen Gegenstand verdanken wir den Bemühungen des jetzigen Predigers W. Scoresby in Schottland, welcher früher auf seinen vieljährigen Reisen als Capitän eines Wallfischfängers nach den Polarmeeren die verschiedenen Gestalten des Schnees sammelte und sie in seinem lehrreichen Werke über das Leben in den Polargegenden beschrieb. Darnach kann man die große Zahl der Schneefiguren auf 5 Hauptarten zurückführen. Sie sind nämlich 1) dünne Blättchen; 2) ein flacher oder kugelartiger Kern mit ästigen Zacken in verschiedenen Ebenen; 3) feine Spieße oder sechsseitige Prismen; 4) sechsseitige Pyramiden, und 5) Spieße, von denen das eine oder beide Enden in dem Mittelpunkte eines dünnen Blättchens stecken. Ich will einige der wichtigsten Formen nach Scoresby beschreiben.

1. Die Krystalle in Form dünner Blättchen, zeichnen sich am meisten durch Mannigfaltigkeit der Gestalten aus; gewöhnlich sind die Blättchen sehr dünn, durchsichtig und von einem ausnehmend zarten Bau. Man kann sehr gut mehrere Unterabtheilungen machen.

a) Sternförmige Figuren, sechs Strahlen, welche aus einem Mittelpunkte ausgehend, oft auf beiden Seiten mit parallelen Spitzen versehen sind, dergestalt, daß Strahlen und Spitzen in derselben Ebene liegen; nach Scoresby kommt dieselbe im größten Ueberflusse vor, wenn die Temperatur sich dem Gefrierpunkte nähert. (Taf. IV. Fig. 1. u. 2.).

b) Regelmäßige Sechsecke, sowohl bei mäßiger Temperatur, als bei der größten Kälte, nur werden sie mit der Abnahme der Wärme zarter, dünner und kleiner. Manche bestehen aus einem einfachen durchsichtigen Blättchen (Taf. IV. Fig. 3.), andere sind innerhalb des Umfangs durch weiße Linien verziert, die wiederum kleinere Sechsecke oder verwandte Figuren in unendlicher Mannigfaltigkeit bilden (Taf. IV. Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9). Die Größe dieser Art geht von dem kleinsten sichtbaren Scheibchen bis auf ungefähr ein Zehntel Zoll im Durchmesser. Wenn man

ein solches Scheibchen von der Seite betrachtet, so habe ich stets bemerkt, daß kleine Facetten die parallelen Flächen verbinden, man kann letztere jedoch selten anders als bei mäßiger Vergrößerung erkennen. Demnach wird der Durchschnitt eines solchen Blättchens, so wie er Taf. IV. Fig. 10. abgebildet ist.

c) Zusammensetzungen von sechsseitigen Figuren, in unendlicher Mannigfaltigkeit und vorzüglich bei niedriger Temperatur und in sehr verschiedener Größe. (Taf. IV. Fig. 11 bis 15.)

d) Verbindungen von sechsseitigen Figuren mit Strahlen oder Zacken und hervorstehenden Winkeln, nach Scoresby vielleicht die umfassendste, welche einige der schönsten Formen liefert. (Taf. IV. Fig. 16 bis 25.)

Die parallelen Striche in diesen Figuren erscheinen als weiße Linien.

2. Ein flacher oder kugelförmiger Kern mit ästigen Zacken in verschiedenen Ebenen, welche nach Scoresby vorzüglich zwei Arten begreift:

a) Solche, die aus einem dünnen Krystalle von einer der oben beschriebenen Arten bestehen, von dessen Grundflächen und Seitenflächen sich kleine Spizen erheben, ähnlich den Seitenflächen wie in Taf. IV. Fig. 1. Diese Spizen erheben sich entweder von einer oder von beiden Grundflächen oder sowohl von den Grundflächen als von den Seitenflächen und sind gegen die Ebene, auf welcher sie stehen, stets unter dem Winkel von 60 Grad geneigt. Der Durchmesser beträgt zuweilen mehr als $\frac{1}{4}$ Zoll. Nach Scoresby sind sie am häufigsten bei Temperaturen, welche mehrere Grade unter dem Gefrierpunkte liegen.

b) Figuren mit einem kugelförmigen Kern, von welchem Strahlen nach allen Richtungen ausgehen. Bei der ersteren Art ist der Kern ein durchsichtiger Krystall, bei dieser besteht er in einem rauen, weißen Körperchen *).

*) Scoresby nennt den Kern flach oder kugelig; so oft ich jedoch Gelegenheit hatte, diese Form bei starker Vergrößerung zu betrachten, habe ich mich stets überzeugt, daß dieser Kern ebenfalls krystallisiert war. Am leichtesten ließ sich dieses wahrnehmen, wenn (was Scoresby nicht erwähnt hat, aber von mir öfter gesehen ist) die Krystallisation nicht

3. Keine Spizen oder sechsseitige Prismen. Diese sind zuweilen sehr zart und krystallartig, in andern Fällen weiß und rauh. Die feinsten Arten, welche einem weißen Haar gleichen, das in Stücke von nicht mehr als einem Viertelzoll Länge geschnitten ist, sind so klein und zart, daß es nicht leicht ist, ihre Gestalt genau zu bestimmen; die größeren sind prismatisch gestaltet *).

4. Sechseckige Pyramiden hat Scoresby nur ein einziges Mal gesehen (Taf. IV. Fig. 44.).

5. Spieße oder Prismen, deren eines oder beide Enden in der Mitte eines dünnen Blättchens aus einem sechsseitigen Krystall oder Stern bestanden, hat Scoresby ebenfalls nur zwei Mal gesehen, aber das eine Mal fielen dieselben in solcher Menge, daß sein Schiff davon in einigen Stunden mehrere Zoll hoch bedeckt war. (Taf. IV. Fig. 28 bis 30.)

Ich habe auf den Tafeln die wichtigsten und schönsten dieser Figuren mitgetheilt, aber obgleich die Zahl der von Scoresby gelieferten Abbildungen sich auf 96 beläuft, so sind mir doch wohl noch mehrere Duzend Gestalten vorgekommen, welche er nicht gesehen hat, und doch hat er noch keine einzige Gestalt gegeben, bei welcher die Krystallisation auch in Ebenen erfolgte, welche auf der gewöhnlichen senkrecht stehen, so daß wir wohl annehmen können, daß die Zahl aller wirklichen Gestalten mehrere Hunderte betrage. Wer erstaunt hier nicht über die Vielartigkeit, mit welcher sich die Kräfte der Natur offenbaren! Wir sehen bei diesen kleinen oft wenig beobachteten Körpern eine Mannigfaltigkeit, welche wir nicht oft in der Natur wiederfinden.

Wenn übrigens diese Gestalten rein und schön erscheinen sollen, so ist ein windstilles Wetter ohne Nebel erforderlich. Ist

nach allen drei Dimensionen erfolgte, sondern dieser Kern nur den Mittelpunkt bildete, von welchem die gewöhnlichen in einer Ebene liegenden sechs Strahlen ausliefen. Der verschiedene Glanz dieser Facetten gab letztere zu erkennen und ein im Durchschnitt gezeichneter Krystall dieser Art hatte dann die in Taf. IV. Fig. 26. abgebildete Gestalt.

*) Ich glaube jedoch, daß die Prismen nicht immer sechsseitig sind; mehrmals, ja ich kann sagen, weit öfter sind dieselben mir dreiseitig erschienen.

es neblig, so sind die Krystalle meistens rauh, wenig durchsichtig und haben das Ansehen, als ob eine Menge von Bläschen auf ihrer Oberfläche erstarrt wären, ohne daß die kleinsten Theile Zeit hatten, sich ganz so an einander zu legen, als die Geseze des Gleichgewichtes es erfordern. Bei windigem Wetter sind die Krystalle häufig zerbrochen und unregelmäßig, dann aber finden wir zugleich meistens eine rauhe kugelförmige Gestalt, gleichsam aus lauter unregelmäßigen Kadien zusammengesetzt. In den Alpen so wie in den Ebenen von Deutschland habe ich öfter die Erfahrung gemacht, daß längere Zeit ziemlich regelmäßige Krystalle herabfielen; erhob sich nun aber plötzlich ein Windstoß, so kamen entweder kleine Kugeln von der Größe der Piesenkörner bis zu der von Erbsen, deren Bau zugleich sehr locker war, oder es erschienen Körper, welche ich am liebsten mit unregelmäßigen Pyramiden (häufig mit sphärischer Basis) vergleichen möchte. Ihrem Ansehen nach könnte man diese Körper Graupeln nennen, sie wurden aber jedenfalls unter ähnlichen atmosphärischen Umständen gebildet, als die vor und nach dem Windstoße fallenden regelmäßigen Schneeflocken. Ich lege auf diese Thatsache ein um so größeres Gewicht, da wir später beim Hagel darauf zurückkommen werden.

Regen ohne Wolken.

Bei großer Kälte und heiterm Himmel bemerkt man nicht selten eine Menge kleiner glänzender Pünktchen in der Luft; es sind Schneetheilchen, welche das auffallende Sonnenlicht brechen oder reflectiren und dieses zum Auge schicken; sie werden in den unteren Schichten der Atmosphäre durch die vom Boden aufsteigenden Dämpfe gebildet und fallen oft in solcher Menge, daß sie die Erde bedecken. Diese Schneebildung ohne Wolken ist meistens von sehr ruhigem Wetter begleitet. Wenn das Gleichgewicht der oberen Schichten heftig gestört wird, besonders dann, wenn kalte Nordwinde mit lebhaften südlichen Winden kämpfen, so geschieht es wohl, daß auch Regen ohne Wolken herabfällt. Es kommen große Tropfen, der Himmel im Zenith erscheint fortwährend schön blau. Die Dämpfe werden in diesem Falle so gleich zu Tropfen vereinigt, ohne erst die Zwischenstufe der Bläschen zu durchlaufen. Humboldt führt mehrere Beispiele dieser

Art an, und der Vorgang gehört nach meinen Erfahrungen keinesweges zu den so großen Seltenheiten als wohl geglaubt wird, da ich ihn jährlich durchschnittlich wenigstens ein Mal beobachtet habe.

Wassermenge bei einzelnen Regnen.

Ueber die Menge von Wasser, welche bei einzelnen Regnen fließen herabfallen kann, läßt sich kein Gesetz aufstellen. Während häufig nur einzelne Tropfen ankommen, stürzt zu anderen Zeiten eine ungeheure Menge Wasser in wenigen Stunden herab. Besonders ist dieses zwischen den Wendekreisen der Fall. So erreichte nach Humboldt das Wasser, welches bei einem Regen am Rio Negro während 5 Stunden herabfiel, eine Höhe von 21 Linien, ein andermal betrug diese in drei Stunden 14 Linien, und so war es fast täglich. In Bombay hat man gefunden, daß einmal die täglich herabfallende Wassermenge 4 Zoll betrug, ja in Cayenne fand Roussin ein, daß die Wassermenge von 8 Uhr Abends bis 6 Uhr am folgenden Morgen 10 $\frac{1}{2}$ Zoll betrug. Dagegen verschwinden freilich die Regenmengen, welche man in gleichen Zeitabschnitten in höheren Breiten beobachtet; denn wenn die im Regenmesser gesammelte Wassermenge während des Tages eine Höhe von einem Zoll erreicht, so ist sie schon bedeutend, und gewöhnlich sind dann auch sehr bald unsere Niederungen überschwemmt. Jedoch giebt es auch hier zuweilen Regengüsse, die sich durch ungeheure Wassermengen auszeichnen. So fielen einst zu Jopeuse im südlichen Frankreich während eines Tages 9 Zoll und 3 Linien Wasser, in Genua in derselben Zeit 30 Zoll und in Genf in 3 Stunden 6 Zoll Wasser herab. In Gebirgsgegenden sind diese Niederschläge eher möglich, weil hier die Winde häufiger mit Heftigkeit aus sehr verschiedenen Richtungen wehen, als dieses auf Ebenen der Fall ist.

Regen zwischen den Wendekreisen.

Die Erscheinungen, welche der Regen in Betreff seiner Häufigkeit in den einzelnen Jahreszeiten zeigt, hängen so innig mit andern klimatischen Eigenthümlichkeiten zusammen, daß wir im Stande sind, die Erde darnach in verschiedene Regionen zu theilen. Wir wollen hier zunächst die Gegenden zwischen den

Wendekreisen betrachten, weil sich hier eine weit größere Regelmäßigkeit zeigt, als bei uns.

Da, wo der Passat mit Regelmäßigkeit auf dem Meere weht, regnet es nicht, der Himmel ist stets heiter, zumal wenn die Sonne in der andern Halbkugel sich befindet. Nur in der Region der Calmen regnet es häufig; der aufsteigende Luftstrom reißt eine Menge Dämpfe mit sich in die Höhe, welche hier an der Gränze des oberen und unteren Passates condensirt werden. Die Sonne geht hier meistens bei heiterem Himmel auf, gegen Mittag zeigen sich einzelne Wolken, aus denen in kurzer Zeit ungeheure Wassermassen von heftigen Windstößen begleitet herabfallen, gegen Abend lösen sich die Wolken auf und die Sonne geht bei heiterem Himmel unter. So verlieren also die Luftmassen, welche sich in der Höhe nach beiden Polen bewegen, ihr Wasser größtentheils da, wo sie aufgestiegen sind, und hierin liegt wohl der Grund des Regenmangels da, wo in größerer Entfernung vom Aequator der Ostwind regelmäßig weht.

Auf dem Lande finden wir zwischen den Wendekreisen meistens in einem Theile des Jahres eine Störung in dem regelmäßigen Verlaufe der Passate, in Folge deren wir das Jahr dort in zwei Jahreszeiten theilen müssen, die trockene und die nasse: eine Eintheilung, welche die Europäer bei allen Bewohnern jener Gegenden getroffen haben und welche um so charakteristischer ist, da oft Monate in der trockenen Jahreshälfte vergehen, ohne daß sich sogar eine Spur von Wolken zeigt.

Obgleich sich in Betreff dieses Verhaltens manche locale Verschiedenheiten zeigen, so finden wir doch eine große Uebereinstimmung im Laufe der Erscheinungen. Ohne daher dieselben in mehreren Tropengegenden zu betrachten, will ich hier den Gang so angeben, wie er von A. v. Humboldt beobachtet worden ist, um so mehr, da die von ihm gegebene Arbeit so vieles Licht über die Verhältnisse in unseren Gegenden verbreitet hat.

In demjenigen Theile Südamerica's, welcher nördlich vom Aequator liegt, ist der Himmel vom December bis zum Februar ungemein heiter, der Wind weht mit großer Regelmäßigkeit aus O oder NO, dabei ist die Luft sehr trocken und die Pflanzen haben ihre Blätter verloren. Gegen Ende des Februar und im Anfange des März ist das Blau des Himmels weniger tief, das

Hygrometer zeigt größere Feuchtigkeit, die Bäume fangen an sich zu belauben; das helle Licht der Sterne wird zuweilen durch eine Nebelschicht verhüllt, und sie, die bis dahin ruhig waren, funkeln jetzt zuweilen bis in die Nähe des Zenithes. Der regelmäßige Wind wird weniger stark und oft von Windstillen unterbrochen. Nach und nach häufen sich gegen ESO Gebirgen ähnliche Wolken, die nicht selten den ganzen Himmel mit ungeheurer Schnelligkeit durchlaufen. Am Ende März zeigen sich electrische Explosionen am südlichen Himmel, dann geht der Wind wohl auf mehrere Stunden nach W und WSW, dabei nimmt die Luft electricität zu, namentlich ist sie zur Zeit des Sonnenunterganges stark, und dieses ist ein sicheres Zeichen von der Nähe der nassen Jahreszeit, welche am Orinocco zu Ende Aprils beginnt. Der Himmel wird dann trübe und sein Blau verwandelt sich in ein gleichmäßiges Grau. Nachmittags, wenn die Wärme der Luft am größten ist, erhebt sich auf der Ebene ein Gewitter mit heftigem Regen. Anfänglich zeigen sich Bewölkung und Regen nur in den heißen Nachmittagsstunden und verschwinden gegen Abend; so wie jedoch die Jahreszeit weiter rückt, besonders dann, wenn die Sonne im Scheitel steht, fangen beide schon am Vormittage an, kehren aber gegen das Ende dieser Jahreszeit wieder in die Nachmittagsstunden zurück.

In vielen Gegenden ist die Nacht meistens heiter, in andern regnet es auch während der Nacht, zuweilen sogar mehr als am Tage, doch scheint es, als ob Gebirgszüge wegen ihres Einflusses auf die Winde dazu am meisten beitragen. So fand dieses Boussingault auf den Höhen und in den Thälern der Anden, eben dieses sah L'Yall in Madagascar, Roussin in Cayenne, und ähnliche, weniger umfassende Nachrichten sind uns von anderen Reisenden mitgetheilt worden.

Alle Phänomene deuten darauf, daß durch den aufsteigenden Luftstrom, welcher an dem Orte am stärksten ist, in dessen Scheitelpunkt sich die Sonne befindet, eine Störung im Gleichgewichte der Atmosphäre erzeugt wird; daher anfänglich nur ein Funken der Sterne, späterhin eine Veränderung in der Richtung der Winde. Durch die Verdunstung des am vorigen Tage gefallenen Wassers wird dieser Proceß längere Zeit unterhalten. Die Luft ist dann so feucht, daß selbst mitten in dem durch seine

Trockenheit verächtigten Africa Kleider, Schuhe und andere Gegenstände, welche nicht unmittelbar am Feuer stehen, feucht werden und die Einwohner sich in einer Art von Dampfbad befinden; eine Zeit, in welcher Fieber und andere Krankheiten in Menge entstehen. Eben so wie in Südamerika, so kündigt sich auch in Africa die nasse Jahreszeit durch den Wechsel der Winde an.

Da diese Niederschläge von dem aufsteigenden Luftströme abhängen, letzterer aber mit der Sonne fortrückt, so findet eine ähnliche Fortrückung dieser Jahreszeit Statt. In Africa z. B. beginnt die nasse Jahreszeit in der Nähe des Aequators schon im April; zwischen 10 Grad nördlicher Breite und dem Wendekreise, namentlich in den Gegenden, durch welche der Senegal fließt, dauert sie vom Anfange des Junius bis zum Anfange des Novembers. Aehnlich ist es im Innern des Landes, wie dieses die Berichte von Mungo Park, Denham, Browne, Bruce u. a. beweisen. Eben so zeigen sich an der Westküste Americas in Panama die Regen schon im Anfange des März, dagegen in San Belas de California regnet es selten vor der Mitte des Junius. Da die Sonne durch den Scheitelpunkt jedes Ortes zwei Mal hindurchgeht, so finden wir, daß an Orten, welche in geringer Entfernung von den Wendekreisen liegen, die herabfallenden Wassermassen zwei Mal einen größten Werth erreichen; an denen aber, welche am Aequator liegen, sind die Zeiten des Durchganges durch den Scheitel durch ein größeres Intervall getrennt, und wir treffen daher daselbst meistens zwei nasse und zwei trockene Jahreszeiten.

Wie weit sich diese periodischen Regen nach Norden oder Süden erstrecken, ist noch nicht bekannt. In der Havannah auf Cuba und in Rio Janeiro zeigen sich schon stark hervortretende Uebergänge zu den Verhältnissen in höheren Breiten. In der Sahara scheint ihre Gränze in etwa 16 Grad nördlicher Breite zu liegen, doch erstreckt sie sich an den beiden diesen Erdtheil begränzenden Meeren einige Grade weiter nach Norden.

Eben so wie wir dieses früher von dem Verhalten der Winde kennen lernten, so zeigt uns auch der Wechsel der Jahreszeiten in Hindostan eine Abweichung von dem allgemeinen Gange der Witterung zwischen den Wendekreisen. Die Westküste dieser Halbinsel hat nämlich ihre nasse Jahreszeit während des SW,

die östliche während des ND-Moussons. Wenn nämlich der vom Meere kommende SW-Wind genöthigt wird an der Bergkette der Ghats in die Höhe zu steigen, so werden die in die Höhe gerissenen Dämpfe hier condensirt, heftige Gewitterstürme zeigen sich dann fast täglich. Weiter im Lande fallen nur einzelne schwache Regen, und an der Ostküste ist jetzt der Himmel heiter. Am heftigsten ist hier der Regen etwa im Julius. Dasselbe geschieht während des ND-Moussons an der Küste von Coromandel, nur ist hier das Gebirge weniger steil und daher die Regen nicht so bedeutend. Gleichzeitig ist dann der Himmel an der Westküste völlig heiter. Das Plateau von Dekan nimmt an den Jahreszeiten beider Küsten Theil, jedoch ist die herabfallende Wassermasse weit geringer als hier; die Vertheilung des Regens aber im Laufe des Jahres hängt von der Entfernung der einzelnen Orte von der Küste ab; je nachdem sie der Ost- oder Westküste näher liegen, richtet sich der Lauf der Witterung nach dem an diesen Küsten beobachteten; ja Orte in der Mitte der Halbinsel haben wohl zu allen Zeiten des Jahres einzelne Regen, oder sie zeigen zwei Maxima im Jahre.

Die Wassermenge, welche während der wenigen Monate der nassen Jahreszeit herabfällt, ist mehrfach größer als die bei uns im ganzen Jahre herabkommende. Wir können an den in der Nähe der Küste liegenden Orten 70 bis 120 Zoll jährlich annehmen. Bedenken wir dabei, daß dieses nur während weniger Monate geschieht, ja daß es auch in diesen meistens nur täglich einige Stunden regnet, dann fällt der Unterschied mit den bei uns beobachteten Verhältnissen lebhaft in die Augen. Die Tropfen bestehen aus großen Kugeln, welche dicht gedrängt und mit Heftigkeit auf dem Boden ankommen. Wenn wir aber tiefer landeinwärts und bis zu bedeutenden Höhen gehen, dann nimmt die Regenmenge ab: so ist sie in Seringapatam in Hindostan und Bogota in America kaum größer als in Deutschland.

Regen in höheren Breiten.

Die große Regelmäßigkeit, welche uns die Regenverhältnisse in der Nähe des Aequators zeigen, verschwindet, wenn wir uns von ihm entfernen; jedoch fehlt es noch an genügenden Messungen, um diese Verhältnisse und namentlich den Uebergang aus

der einen Gruppe von Klimaten in eine andere zu verfolgen. Während zwischen den Wendekreisen die Regen dann vorzugsweise erfolgen, wenn die Sonne im Scheitel steht (also nach dem aus unseren Gegenden hergenommenen Begriffe im Sommer), und da fehlen, wo die Passate mit Regelmäßigkeit wehen, so fallen die bedeutendsten Wassermengen etwas nördlich von den Wendekreisen im Winter herab. Bezeichnen wir die jährlich herabfallende Wassermasse mit 100, so ergeben sich für die wenigen Orte, von denen wir Messungen besitzen, folgende Verhältnisse:

	Madaira	Lissabon	Mastra
Winter	50,6	59,9	53,4
Frühling	16,3	33,9	27,5
Sommer	2,8	3,4	2,7
Herbst	30,3	22,8	16,4

Der Regen fällt also hier vorzugsweise im Winter, und unbedeutend ist dasjenige, was im Sommer herabfällt. So scheint es auch an der ganzen Nordwestküste Africas zu seyn, so sind auch die Verhältnisse auf den Kanarischen Inseln. Dieser Gegensatz zwischen dem Klima auf beiden Seiten der Passate ist in der That auffallend, man hätte eher einen allmählichen Uebergang erwarten können, als solch einen Sprung. Ich hebe diese Thatfache hier um so mehr hervor, weil sie so recht deutlich beweist, wie so manche Erscheinungen völlig von dem Verhalten abweichen, welches frühere Meteorologen ohne Benützung hinreichender Erfahrungen für viele Phänomene aufstellten.

Aber ganz einfach läßt sich diese plötzliche Aenderung aus dem herleiten, was ich über die Entstehung der Niederschläge im Allgemeinen bemerkt habe. Meistens entstehen diese durch eine Vermischung ungleich warmer Luftschichten, und veränderliche Winde sind ihnen daher günstig. Im Sommer erstreckt sich der regelmäßige Ostwind bis in die Nähe von Portugal (S. 59.), daher finden dann weniger Störungen im Gleichgewichte der Atmosphäre Statt, und Wolkenbildung ist dann weit seltener als bei den veränderlichen Winden im Winter.

Regenwinde in Europa.

Wenn wir die bisher gesammelten Erfahrungen über die Regenverhältnisse von Europa zusammenstellen, so vermögen wir drei Gruppen von Klimaten zu unterscheiden: die von England und dem westlichen Frankreich, welche mehr oder minder abgeändert sich noch tief in das Innere des Continents zu erstrecken scheint, sodann die von Schweden und Finnland, und endlich die vom Nordrande des mittelländischen Meeres. Die Gränzen dieser Regionen sind nicht immer vollkommen scharf ausgesprochen, nur da, wo sich hohe Gebirgsketten zeigen, sind dieselben deutlich zu erkennen; sonst aber zeigen sich Uebergänge von der einen zu der andern. Die Unterschiede dieser drei Gruppen sind theils aus der ungleichen Richtung der Regenwinde, theils aus der Vertheilung des im Jahre herabfallenden Wassers zu erkennen.

Betrachten wir den Theil Europas, welcher nördlich von den Alpen und Pyrenäen liegt, so sind das Vorherrschende der westlichen Winde, das weit ausgedehnte Meer auf der einen, das große Festland auf der andern Seite die einflussreichsten Ursachen bei Bestimmung der Regenverhältnisse. Wehte hier unablässig bei Bestimmung der Regenverhältnisse. Wehte hier unablässig selbst noch in bedeutender Höhe der NO, so würde es nie regnen; über eine trockene Landstrecke geht er nach niederen Breiten, und durch die daraus folgende Erhöhung der Temperatur entfernen sich die Dämpfe weiter vom Condensationepunkte. Wenn dagegen umgekehrt stets ein SW wehte, so würde es unaufhörlich regnen; so wie nämlich die feuchte Luft in höheren Breiten kälter wird, müssen sich Niederschläge bilden. Obgleich wir nun einen häufigen Wechsel zwischen diesen beiden Winden beobachten, so behalten sie doch stets diesen Character bei. Suchen wir z. B. auf, wie oft es an irgend einem Orte bei jedem Winde regnet, so tritt dieses sehr deutlich hervor, wie dieses besonders L. v. Buch nachgewiesen hat. Bei 100 Regen nämlich, welche in Berlin beobachtet wurden, wehen die Winde folgendermaßen:

N	NO	O	SO	S	SW	W	WN
4,1	4,0	4,9	4,9	10,2	32,8	24,8	14,4

Die Niederschläge verschwinden also fast ganz bei nordöstlichen Winden, während mehr als die Hälfte derselben bei südwestlichen und

westlichen Winden Statt findet. Da jedoch die Zahl der Winde selbst nicht gleich ist, so müssen wir noch hierauf Rücksicht nehmen. Dividiren wir daher mit derjenigen Zahl, welche in der obigen Tafel jedem Winde entspricht, in die Zahl, welche angiebt, wie oft jeder dieser Winde überhaupt gewehet hat, so ergeben sich folgende Größen:

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
5,8	8,1	8,8	6,9	3,8	2,8	4,2	4,5

Also auch hier tritt diese Verschiedenheit sehr deutlich hervor. Unter 9 Malen, wo der Ostwind weht, regnet es nur ein Mal, während jeder dritte SW Regen bringt. Dabei zeigt sich zugleich ein sehr wichtiger Einfluß der Jahreszeiten. Während es nämlich in der kalten Jahreszeit sehr häufig bei nördlichen und östlichen Winden regnet, ist die Zahl der Niederschläge bei ihnen in der warmen Jahreszeit sehr klein. Es schließt sich dieses aufs innigste an den früher betrachteten Einfluß der Winde auf die Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft an. Während nämlich die Luft im Winter bei östlichen Winden am feuchtesten ist, finden wir im Sommer bei ihnen die größte Trockenheit.

Selbst wenn es bei nordöstlichen Winden regnet, zeigt sich meistens ein sehr bedeutender Unterschied zwischen diesen Niederschlägen und denen bei südwestlichen Winden. Wenn nämlich Nordostwinde plötzlich vordringen, so sinkt die Temperatur schnell, das Wasser fällt dicht und in großen Tropfen herab, bald aber folgt heiterer Himmel. Regnet es dagegen bei SW, so ist der Regen meistens fein und hält längere Zeit an.

So entstehen also die Regen bei südwestlichen Winden dadurch, daß warme und feuchte Luftmassen in höheren Breiten erkalten, während die kalten nordöstlichen Winde auf Luftmassen stoßen, welche bei der nun folgenden Temperatur nicht im Stande sind, die Dämpfe zu behalten, welche sie vorher besaßen. Wegen des Einflusses jedoch, welchen beide Winde auf die Feuchtigkeit der Luft haben, werden wir bei der regelmäßigen Drehung der Winde auf eine gewisse Folge in der Witterung treffen, eine Folge, welche schon mehrmals berührt ist, und welche wir in ihrer größten Vollständigkeit beim Barometer betrachten wollen,

die aber doch zu wichtig ist, als daß ich sie hier mit Stillschweigen übergehen könnte.

Wenn nämlich längere Zeit schönes Wetter geherrscht hatte und sich nun zuerst ein südwestlicher Wind in den höheren Regionen erhebt, dann zeigen sich Cirri, welche in kurzer Zeit den Himmel weiß überziehen, worauf bald mehr oder minder dicke Cumuli eine tiefere Wolfenschicht bilden, aus der es fein regnet. Der Wind geht nach West, die Bewölkung wird dichter, der Regen heftiger, die Temperatur kälter. Bei Nordwest regnet es bei sinkendem Thermometer fort und eben dieses geschieht bei N. Im Winter geht dann meistens der Regen in Schnee über. Wenn beim Nordwinde der Regen noch nicht ganz aufhört, so ist er wenigstens nicht mehr so anhaltend, durch Wolkenlücken erscheint ein schöner reiner Himmel, heftige Regenschauer wechseln mit Sonnenblicken, und dieses ist noch mehr bei NO der Fall. So wie aber der Wind jetzt weiter nach Osten und Süden geht, erscheinen entweder gut abgerundete Cumuli auf blauem Himmel, oder letzterer ist ganz heiter.

Mehr oder minder auffallend zeigen sich diese Verhältnisse in dem ganzen angegebenen Raume, und nur Höhenzüge erzeugen kleine Abweichungen. Wenn nämlich ein solcher dem südwestlichen Winde gerade entgegensteht, so wird es auf der Westseite mehr, auf der Ostseite weniger regnen, als es auf Ebenen bei diesem Winde der Fall ist. Aus diesem Grunde ist der Wind, bei welchem es am meisten regnet, im südlichen Deutschland nicht SW, sondern vielmehr W und NW, weil die südwestlichen Winde jenseits der Alpen den größten Theil ihres Wassers verloren haben.

Ganz etwas Aehnliches zeigt sich in Scandinavien. Lange regnet es bei SW-Wind an der Küste Norwegens, der Gipfel der scandinavischen Alpen ist dick mit Nebeln belegt, aber in Schweden ist dann der Himmel heiter, oder es kommen nur einzelne Regenschauer aus Westen. Die Seewinde haben beim Uebergange über die Verrakette ihr Wasser verloren, und daher regnet es bei ihnen in Schweden weit seltener als bei den Ostwinden. Daß davon der Grund nicht sowohl in den Dämpfen der Ostsee liege, scheint daraus hervorzugehen, daß sich noch etwas

Ähnliches in Finnland zeigt. Da, wo diese Region mit östlichen Regenwinden an die mit westlichen Regenwinden gränzt, da zeigt sich gar kein entschiedener Regenwind, wie z. B. in Petersburg. Doch fehlt es noch ganz an Beobachtungen von einer größern Zahl von Punkten in dieser Gegend, um die Gesetze näher zu verfolgen.

Ueber die Verhältnisse in der dritten Gruppe europäischer Klimate werde ich sogleich nachher sprechen; hier will ich zunächst die Vertheilung des Regens in dem bisher betrachteten Gebiete angeben.

Regen in den einzelnen Jahreszeiten.

Wenn wir die Regenmengen in verschiedenen Gegenden Europas messen, so finden wir, daß, locale Verhältnisse abgerechnet, die Wassermasse desto geringer wird, je weiter wir uns von der Küste entfernen. So erreicht das Wasser, welches an der Westküste Englands im Laufe des Jahres herabfällt, eine Höhe von etwa 55 Zoll, aber an der Ostküste und im Innern dieser Insel ist sie bereits bis auf 24 Zoll herabgesunken; die vom Meere kommenden westlichen Winde haben beim Uebergange über das Land bereits einen Theil ihres Wassers verloren. An der Küste von Frankreich und Holland beträgt die Wassermenge 25 Zoll, im Innern beider 24 Zoll, auf den Ebenen von Deutschland 20 Zoll und in Petersburg und Osen 16 bis 17 Zoll. Ganz etwas Ähnliches zeigt sich, wenn wir in den einzelnen Ländern die Zahl der Tage aufsuchen, an denen es regnet, indem wir dazu einen jeden Tag rechnen, an welchem Wasser aus der Höhe herabfällt, möge die Menge des letztern und die Dauer der Erscheinung auch noch so kurz seyn. Diese Zahl beträgt in England und westlichen Frankreich jährlich 152, vermindert sich im Innern von Frankreich bis zu 147, in den Ebenen Deutschlands bis zu 141, in Osen bis zu 112, und beträgt in Kasan nur 90, im Innern Sibiriens nur 60.

Doch ist es nicht blos die ungleiche Wassermenge, welche die Verschiedenheit zwischen dem westlichen und innern Europa charakterisirt, sondern noch mehr die ungleiche Vertheilung derselben

selben im Laufe des Jahres. Drücken wir nämlich die in den einzelnen Jahreszeiten herabfallenden Mengen als Procente der ganzen jährlichen Regenmenge aus, so finden wir folgende Größen:

	Westliches England	Inneres England	Westliches Frankreich	Ostliches Frankreich	Deutsch- land	Peters- burg
Winter	26,4	23,0	23,4	19,5	18,2	13,6
Frühling	19,7	20,6	18,3	23,4	21,6	19,4
Sommer	23,0	26,0	25,1	29,8	37,1	36,5
Herbst	30,9	30,4	33,3	27,3	23,2	30,5

Im Frühlinge fällt allenthalben etwa das Fünftel der jährlichen Regenmenge herab, so daß wir also die Verhältnisse dieser Jahreszeit ganz übersehen können. Dagegen fällt uns das Verhalten von Sommer und Winter desto mehr auf. Vergleichen wir diese beiden unter sich und bezeichnen die im Winter herabfallende Wassermasse mit 1, so beträgt dieselbe während des Sommers

im westlichen England	0,868
östlichen England	1,131
westlichen Frankreich	1,071
östlichen Frankreich	1,540
Deutschland	2,042
Petersburg	2,670

Während also im westlichen England die Wassermasse, welche während des Sommers herabfällt, noch nicht 0,9 von der im Winter herabkommenden beträgt, ändert sich dieses Verhältniß mit dem Uebergange ins Innere Europas. Denn an der Westküste Frankreichs sind beide nahe gleich, in Deutschland fällt im Sommer noch einmal so viel Wasser herab, als im Winter, und in Petersburg haben die Sommerregen ein noch entschiedeneres Uebergewicht. Eine ähnliche Aenderung zeigen uns die Regentage, deren Zahl im westlichen England im Winter größer ist, als im Sommer, während diese Jahreszeit im Innern Sibiriens fast 4 Mal so viel Regentage aufweist, als der Winter.

Wir werden in der Folge mehrfach Gelegenheit haben, auf die eben betrachteten Geseze zurückzukommen; hier möge nur die Bemerkung genügen, daß die Bewölkung des Himmels und die größere oder geringere Zahl von Stunden, während welcher der Himmel heiter ist, innig damit zusammenhängt. Tage und Stunden vergehen im Winter in England, während welchen die Sonne nicht durch die Wolkendecke dringt, dann hat das Festland häufig das schönste heitere Wetter, während dieses im Sommer in Vergleich mit England verhältnißmäßig weit mehr trübe Stunden hat.

Die Ursache dieser klimatischen Verschiedenheiten muß vorzugsweise in zwei Punkten gesucht werden. Bei einerlei Breite ist die Luft über dem atlantischen Meere im Winter bedeutend wärmer, als über dem Lande; wenn daher die westlichen Winde mit Dampf beladen ankommen, so wird letzterer größtentheils niedergeschlagen, wenn er mit der kältern Luft des Landes in Berührung kommt; jene Winde werden daher desto trockener und die Winterregen desto seltener, je weiter wir ins Festland gehen; dazu kommt, daß die Wolken im Winter eine weit geringere Höhe haben, als im Sommer, sie werden also von geringen Bergen aufgehalten, um hier ihr Wasser abzugeben. Ueber eben diese Höhen gehen die Wolken im Sommer fort, und so kommt ihr Wasser tiefer ins Innere des Landes. Es muß namentlich dieser letztere Umstand desto wirksamer seyn, wenn wir zugleich erwägen, daß ein großer Theil der Sommerregen dadurch erzeugt wird, daß der aufsteigende Luftstrom die Wolken und Dämpfe mit Schnelligkeit nach den oberen kalten Regionen der Atmosphäre führt, was im Continente weit mehr der Fall ist, als in England.

Dieser Uebergang von dem See-Klima mit vorherrschenden Winterregen zu dem Continentalclima mit vorherrschenden Sommerregen zeigt sich nirgends auf einem kleinen Raume so schnell als in Scandinavien. Die Wassermasse, welche in Bergen im Laufe des Jahres herabfällt, beträgt 85 Zoll, so viel als kaum an einem Orte Europas und mehr als in vielen Tropengegenden. So reichlich aber sind die Regen an der ganzen Steilküste Norwegens, in die Fiorde werden die Dämpfe von den Westwinden

wie in einen Sack getrieben und hier ausgepreßt. In Schweden dagegen beträgt die mittlere Regenmenge noch nicht 20 Zoll. Dabei ist das Verhältniß zwischen Winter- und Sommerregen höchst ungleich, denn während in Norwegen die Regenmenge im Sommer nur etwa $\frac{1}{4}$ von der im Winter beträgt, zeigen die Orte in Schweden schon ein Verhältniß, welches völlig mit dem des Continentes übereinstimmt.

Regen am mittelländischen Meere.

Das atlantische Meer, welches vorzugsweise die Dämpfe zu den Regen in den bisher betrachteten Theilen Europas hergab, steht nur in einem verhältnißmäßig geringen Verkehre mit den Gegenden am Nordrande des Mittelmeeres. Die Westwinde verlieren nicht nur ihr Wasser zum Theil an den Pyrenäen, den Gebirgen der iberischen Halbinsel und des südlichen Frankreich, sondern es ist auch der Verkehr zwischen diesen Gegenden geringer. Denn in den oberen Regionen weht hier nicht sowohl der vom Aequator kommende SW, als der von der glühenden Sahara kommende S, welcher an den Alpen und Apenninen zu manchen lokalen Wirbeln Veranlassung wird, während auf dem mittelländischen Meere nördliche Winde wehen (S. 57.). Dieser obere Luftstrom zeichnet sich durch seine Hitze und Trockenheit aus, Eigenschaften, welche er der Wüste verdankt. Wenn daher der aufsteigende Luftstrom auch Dämpfe in die Höhe führt, so treffen diese nicht wie im übrigen Europa auf eine feuchte, sondern auf eine trockene Luft, und es findet daher keine Condensation Statt, oder doch nur dann, wenn jener Strom lebhaft ist.

Gehen wir z. B. nach dem Rhonethale im südlichen Frankreich, so haben wir hier an der Küste eine Regenmenge, welche kaum größer ist, als die in Deutschland, aber die Vertheilung derselben im Laufe des Jahres ist eine ganz andere. Denn kaum mehr als 10 Procent der ganzen jährlichen Regenmenge fällt im Sommer, dagegen etwa 40 Procent im Herbst. So wie wir dagegen in dem Thale aufwärts gehen, nehmen die Sommerregen bei jedem Schritte mehr zu, die Verhältnisse nähern sich denen des östlichen Frankreich, jedoch zeigen sich bei Genf noch auffallende Spuren von den Verhältnissen des südlichen Rhonethales.

Italien zeigt uns in Betreff der Regenverhältnisse manche locale Verschiedenheiten, deren genauere Verfolgung mir jedoch wegen Mangel an umfassenden Beobachtungen nicht möglich ist. Zunächst weichen die Regenwinde nicht bloß von denen im übrigen Europa ab, sondern in der lombardischen Ebene und an der Westküste zeigen sich Differenzen. So regnet es in Padua am häufigsten bei N und NO, da bei jenem Winde $\frac{1}{3}$ aller Regen fällt, am seltensten bei S und SW, bei deren jeden etwa $\frac{1}{20}$ aller Regen kommt. Nehmen wir dabei zugleich auf die Häufigkeit der Winde überhaupt Rücksicht, so können S und SW etwa 10 Mal wehen, ehe es ein Mal regnet, dagegen bewirkt jeder dritte bis vierte NO einen Niederschlag. Diese Winde stehen also in Betreff ihrer Einwirkung auf die Witterung im entschiedensten Gegensatz zu den Verhältnissen von Deutschland, aber die Nordwinde, bei denen es so häufig in Padua regnet, wehen dann nur am Boden, mit Schnelligkeit werden in der Höhe die Wolken von den Südwinden gegen die Alpen getrieben, und von hier bringt sie der an der Bergkette herabgleitende Nordwind über die lombardische Ebene. Ziehen hier umgekehrt die höheren Wolken mit nördlichen Winden, dann kann man auf schönes Wetter rechnen.

Etwas abweichend sind die Verhältnisse in Rom, dort regnet es am häufigsten bei N und S, seltener bei den Zwischenwinden; nehmen wir dabei auf die Häufigkeit der verschiedenen Winde überhaupt Rücksicht, so regnet es unter 12 Nordwinden nur ein Mal, dagegen bringt jeder dritte SO einen Regen; aber so wie in Padua der regnerische Nord nur ein von den Alpen zurückgeworfener Wind ist, so wird in Rom der Regen von den östlich liegenden Apenninen herbeigeführt.

Bei Betrachtung der Vertheilung des Regens in Italien müssen wir die Westküste dieser Halbinsel und wie es scheint die Küsten des adriatischen Meeres, namentlich Dalmatien, von den jenseits der Apenninen liegenden Gegenden unterscheiden. Auf der ganzen Westküste regnet es vorzugsweise im Herbst und Winter, und nur etwa 10 Procent der ganzen jährlichen Regenmenge fallen im Sommer herab. Diese Thatsache war bereits den Alten bekannt, indem sie sagten, daß es in Italien nicht

regne, wenn die Etesischen Winde wehten *). Ganz etwas Aehnliches gilt von Griechenland. Dann weht der Luftstrom der Sahara in der Höhe am stärksten, und die Dämpfe, welche von der Tiefe aufsteigen, vermögen nicht diese trockene Luft zu sättigen; nur zuweilen geschieht dieses, wenn die Regelmäßigkeit der Winde überhaupt gestört ist, oder wenn der aufsteigende Strom mit großer Lebhaftigkeit weht, dann wird der Himmel in kurzer Zeit bewölkt, es zeigen sich heftige Regenschauer oder Gewitter, aber bald verschwinden die Wolken wieder.

So wie wir dagegen den Kamm der Apenninen übersteigen, so finden wir ganz andere Verhältnisse, der obere Luftstrom ist gestört und kann nicht mehr seinen mächtigen Einfluß äußern. Besonders auffallend zeigt sich dieses in dem großen Thale des Po. Während wir an der Küste des adriatischen Meeres noch ähnliche, wenn gleich weniger scharf ausgesprochene Verhältnisse antreffen, als an der Westküste, nehmen beim weitem Aufsteigen in diesem Thale die Sommerregen zu, die Winterregen ab, und Turin zeigt genau dasselbe Verhalten als die Orte in Deutschland.

So aber scheint es am ganzen Rande des Mittelmeeres zu seyn. In Syrien so wie im nördlichen Africa regnet es nur selten im Sommer, vorzugsweise geschieht dieses in der kalten Jahreszeit. Daher im Sommer der schöne heitere Himmel, von welchem alle Reisenden begeistert sind. Es ist aber begreiflich, daß dieses auf das ganze Leben der Natur von dem größten Einflusse seyn müsse. Die ganze Nordküste des mittelländischen Meeres zeichnet sich durch eine große Menge eigenthümlicher Pflanzen aus; jene Arten, welche Botaniker zuerst in der Nähe von Marseille oder Montpellier fanden und nach diesen Städten

*) Venti modo adducunt nubes, modo diducunt, ut per totum orbem pluviae dividi possent. In Italiam (wohl die Westküste) Auster impellit, Aquilo in Africam rejicit: Etesiae non patiuntur apud nos nubes consistere. Iidem totam Indiam et Aethiopiam continuis per id tempus aquis irrigant. Senec. quaest. nat. V, 18. Lucrctius (VI, 729.) sagt dasselbe und leitet die Nilchwelle theilweise daraus her, daß die Etesischen Winde die Wolken nach den Bergen Aethiopiens führen.

benannten, werden auch bei Genua und im ganzen westlichen Italien gefunden. So wie wir jedoch in der Nähe Genuas über den steilen Col de Tende steigen, zeigt sich eine ganz andere Vegetation, diese erinnert eben so wie die Regenverhältnisse an Deutschland. Es ist nicht sowohl die mittlere jährliche Temperatur, welche diese Verschiedenheiten bedingt, als vielmehr die größere Gleichförmigkeit der Hitze und andauerndere Einwirkung der Sonne in den Gegenden, wo es im Sommer selten regnet.

Dove hat die Regenverhältnisse Europas und namentlich die Sommerregen von Deutschland und die Herbstregen Italiens auf eine etwas abweichende Art hergeleitet. Da nämlich die Niederschläge da sehr heftig sind, wo zwei entgegengesetzte Winde im Kampfe sich befinden, so setzt er diese Erscheinungen mit dem weiten Vordringen des Passates im Sommer in Verbindung. Dann nämlich kommen auch die oberen Ströme aus SW erst in höheren Breiten mit größerer Stärke zu Boden, während die Gegend, wo dieses geschieht, im Winter südlicher liegt. Im Sommer fällt daher im mittlern Europa das meiste Wasser im Kampfe dieser oberen Winde mit nördlichen Strömen herab. Zur Zeit der Herbstnachtgleiche erreichen die oberen Ströme erst südlicher den Boden, und daher haben die nördlichen Küstenländer des mittelländischen Meeres alsdann die mächtigsten Niederschläge; bei südlicher Declination der Sonne endlich findet dieses Herabsinken erst im nördlichen Africa Statt, und daher haben wir hier vorzugsweise Winterregen, worauf dann im Frühlinge der Kampf sich im südlichen Europa erneuert, so daß wir hier wieder Frühlingsregen treffen.

Wenn gleich diese mit den Erscheinungen in den Tropengegenden im innigen Zusammenhange stehende Ansicht über viele Punkte Aufschluß giebt, so dürfen wir doch dabei nicht die Verbindung zwischen den südlich und nördlich vom mittelländischen Meere liegenden Gegenden übersehen; im Frühlinge und Herbst, den Zeiten, wo der obere Luftstrom der Sahara eintritt und aufhört, werden Wirbel, ähnlich denen beim Wechsel der Moussons, Veranlassung reichlicher Niederschläge werden. Die reichlichen Winterregen an den westlichen Küsten Europas aber lassen sich nur auf die oben angegebene Weise herleiten.

Wünschenswerth wäre eine genauere Kenntniß der Regenverhältnisse der übrigen Welttheile. Aber die Zahl vorhandener Messungen ist zu klein, um dieselben kennen zu lernen. Es möge daher nur noch die Bemerkung genügen, daß die Westküste von Nord- und Südamerica sich in der gemäßigten Zone durch reichliche Winterregen auszeichnet, während die Ostküste keine solche Vertheilung zeigt. Wie aber hier das Gesetz beschaffen seyn möge, kann ich aus Mangel an Nachrichten nicht angeben.

Vierter Abschnitt.

Gesetze der Wärmevertheilung auf der Erde.

Wir fangen unsere Untersuchungen über die Modificationen der Atmosphäre mit Betrachtung der Wärmegeetze an, und leiteten daraus die Winde und Hydrometeore her, aber umgekehrt haben diese beiden Klassen von Erscheinungen wieder den größten Einfluß auf den Gang der Wärme und namentlich die Anomalieen, welche uns letzterer zeigt, weshalb wir diesen Gegenstand erst jetzt in größter Ausführlichkeit betrachten wollen.

Schwächung der Wärme beim Durchgange durch Körper.

Wir haben früher einige der wichtigsten Gesetze über die Wirkung der Wärme betrachtet; um jedoch die Temperaturvertheilung auf unserer Erde zu verfolgen, müssen wir noch einiger anderen Umstände gedenken. Die Wärmestrahlen, welche in ihrer Bewegung ähnlichen Gesetzen folgen, als die Lichtstrahlen, gehen eben so wie letztere durch einige Körper in größerer, durch andere in geringerer Menge hindurch; wenn gleich die durchsichtigsten Körper im Allgemeinen diejenigen sind, welche auch die Wärmestrahlen mit Leichtigkeit durchgehen lassen, so finden wir doch auch Abweichungen. Dabei aber zeigt sich das auffallende Gesetz, daß ein diathermaner Körper, d. h. ein solcher, welcher Wärmestrahlen leicht hindurchläßt, die letzteren in großer Menge hindurchgehen lassen kann, ohne selbst erwärmt zu werden. Wenn man z. B. einem Stück von recht reinem Eise die Gestalt eines Brennglases giebt, so kann man durch die von ihm concentrirten

Sonnenstrahlen viele Körper entzünden, ohne daß es selbst geschmolzen wird.

Um zu untersuchen, ob ein Körper mehr oder minder diatherman sey, nehme man zwei möglichst empfindliche Thermometer und stelle das eine dergestalt, daß eine Wärmequelle, etwa das durch einen Hohlspiegel gesammelte Licht einer Kerze, darauf einwirke, während das zweite Thermometer nur dazu dient, die Temperatur der Luft anzugeben. Der Unterschied beider Instrumente giebt die Wirkung der Wärmequelle an. Es betrage dieser etwa 3° . Jetzt lasse man die von der Wärmequelle kommenden Strahlen durch eine Platte von dem zu prüfenden Körper gehen, ehe sie bis zum Thermometer gelangen, dieses steigt nicht so hoch; der Unterschied beider Thermometer betrage nun $1\frac{1}{2}^{\circ}$, so folgt daraus, daß die Platte nur die Hälfte der Wärmestrahlen durchgelassen hat, während die andere Hälfte von ihr verschluckt ist; durch diese absorbirten Strahlen ist sie selbst erwärmt worden. Wenn wir mehrere Platten desselben Körpers nehmen, so wird die Menge der absorbirten Strahlen desto bedeutender, je größer die Dicke ist. Denken wir uns den Körper in eine große Anzahl sehr dünner aber gleich dicker Schichten getheilt, so verschluckt eine jede von ihnen denselben Bruchtheil der ankommenden Wärmestrahlen. Wir wollen uns der Einfachheit wegen vorstellen, es kämen 100 Strahlen an, die erste Schicht derselben verschlucke $\frac{1}{10}$ davon, so kommen zur zweiten nur noch $100 - 10 = 90$ Strahlen; von diesen wird in der zweiten Schicht wieder $\frac{1}{10}$, also 9 verschluckt, es kommen also in die dritte Schicht $90 - 9 = 81$ Strahlen, in dieser gehen 8,1 verloren, und so kommen in die vierte 72,9 u. s. w. Wird diese Relation mathematisch ausgedrückt, so erhält man dadurch ein Mittel, die einzelnen Versuche über die Schwächung der Wärme beim Durchgange durch verschiedene Körper so auszudrücken, als ob letztere dieselbe Dicke gehabt hätten.

Durch Versuche dieser Art, deren genaue Anstellung freilich mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist, lernt man nicht bloß die ungleiche Diathermanität der Körper kennen, sondern es zeigt sich dabei noch eine andere auffallende Thatsache. Wir können die heißen Körper, von denen Wärmestrahlen ausgehen, in zwei Klassen theilen: solche, die zugleich wärmend und leuchtend sind,

wie Sonne, Kerzenlicht, glühende Metalle u. s. w., und solche die bloß dunkle Wärmestrahlen aussenden, wie z. B. ein mit heißem Wasser gefülltes Gefäß. Nun zeigen alle bisher angestellten Versuche, daß die diathermanen Körper von dunkeln Wärmestrahlen einen verhältnißmäßig weit größern Theil verschlucken, als von leuchtenden. Ob dieses an einer Umbildung der Lichtstrahlen in Wärmestrahlen liege, oder ob der Grund darin zu suchen sey, daß leuchtende Wärmequellen eine höhere Temperatur haben, als dunkle, wollen wir hier nicht näher untersuchen; für unsere vorliegenden Betrachtungen aber wird dieser Umstand von der größten Wichtigkeit.

Schwächung des Sonnenlichtes in der Atmosphäre.

Wenn an einem schönen Tage die Sonne ihre Höhe ändert, so zeigt schon eine Reihe Erfahrungen ohne genaue Messungen, daß die Helligkeit mit der Höhe größer und kleiner wird; die Atmosphäre nämlich verschluckt einen Theil der auffallenden Lichtstrahlen; je tiefer aber die Sonne steht, desto größer ist der Weg, welchen letztere in der Luft zurücklegen, und beim Untergange ist das Licht der Sonne nicht selten so schwach, daß wir sie ohne Gefahr der Augen ansehen können. Ganz etwas Ähnliches gilt von der wärmenden Kraft der Sonne. Man nehme z. B. ein Brennglas von mäßiger Stärke, so daß selbst bei hohem Stande der Sonne eine meßbare Zeit erforderlich ist, wenn wir dadurch einen Körper anzünden wollen. Je tiefer jene sinkt, desto bedeutender wird die Zeit, welche dazu erforderlich ist, und bei sehr tiefem Stande vermögen wir gar nicht mehr die dazu nöthige Hitze hervorzubringen.

Um diese Schwächung der Sonnenwärme zu bestimmen, ist die Anwendung eines Thermometers am zweckmäßigsten, welches gegen den veränderlichen Einfluß des Windes und anderer Umstände geschützt ist. Cassure hat ein solches Instrument construirt und Heliothermometer genannt. Man nehme einen Kasten so groß, daß ein Thermometer mit geschwärzter Kugel darin liegt; der Kasten ist inwendig mit schlechten, auf ihrer Oberfläche geschwärzten Wärmeleitern bezogen und an der offenen Seite mit einer oder mehreren recht durchsichtigen Glas-

platten verschlossen. Er wird so aufgestellt, daß die Sonnenstrahlen diese Platten stets senkrecht treffen. Einen etwas abweichenden Apparat hat Herschel construirt und Actinometer genannt, weil er dazu dient, die Stärke der Sonnenstrahlen (*actīves*) zu messen, doch leistet das leichter zu verfertige Heliothermometer dieselben Dienste.

Setzt man den Apparat etwa eine Minute hindurch den Strahlen der Sonne aus, so steigt derselbe; die gefundene Größe bedarf jedoch einer kleinen Correction. Gesetzt, das Instrument habe eine Temperatur, welche kleiner ist, als die des Raumes, in welchem es aufgestellt ist, so würde es auch hier ohne directe Einwirkung der Sonne steigen, die gefundene Aenderung wäre also zu groß. Um die daran anzubringende Correction mit einiger Genauigkeit zu finden, beobachtet man nicht eine, sondern drei Minuten. Nachdem nämlich der Apparat passend aufgestellt ist, wird er durch einen vorgehaltenen undurchsichtigen Körper eine Minute hindurch beschattet und die Temperaturänderung in dieser Zeit beobachtet; er steige etwa $0,5$ Grad; in der zweiten Minute steige er unter Einwirkung der Sonne etwa $1^{\circ},5$; in der dritten Minute wird er aufs Neue beschattet und er steige etwa um $0^{\circ},1$, so beträgt die Temperaturzunahme durch die Einwirkung der Umgebungen in der ersten Minute $0,5$, in der dritten $0,1$, also in der zweiten Minute $\frac{0,5 + 0,1}{2} = 0,2$ Grad; die bloße Wirkung der Sonne hat also das Instrument in der zweiten Minute um $1^{\circ},5 - 0^{\circ},2 = 1^{\circ},3$ zum Steigen gebracht. Wäre das Instrument in der ersten und dritten Minute etwa gesunken, so müßten wir das Mittel beider Aenderungen zu der Wirkung der Sonne addiren. Zweckmäßig ist es zur Vermeidung der kleinen Beobachtungsfehler, etwa 11 Minuten dergestalt zu beobachten, daß man das Instrument in der ersten, dritten . . . Minute beschattet, in der zweiten, vierten . . . aber der Wirkung der Sonne aussetzt, dann die Größe der letztern in der zweiten, vierten . . . Minute aufsucht und aus den so erhaltenen fünf Bestimmungen das Mittel abnimmt.

Wenn man an völlig heiteren Tagen Messungen dieser Art bei verschiedener Höhe der Sonne macht, so findet man die Aenderungen des Heliothermometers desto kleiner, je mehr letztere

sich dem Horizonte nähert. Als Beispiel theile ich folgende Messung mit:

Höhe der Sonne	Änderung des Heliothermometers
40° 30,	2 ⁿ 16
37. 55	2,03
24. 30	1,77
21. 30	1,50

Um aus diesen und ähnlichen Messungen die Schwächung des Sonnenlichtes in der Atmosphäre herzuleiten, ist die genaue Kenntniß des Weges erforderlich, welchen das Licht in der Luft zurücklegt, und die Größe, um welche das Instrument in einer Minute steigen würde, wofern es sich über der Atmosphäre befände, die Strahlen also gar nicht geschwächt würden. Beide Größen lassen sich nicht durch directe Messungen angeben. Wenn wir jedoch (was bis zu Höhen von etwa 20° erlaubt ist) die Atmosphäre von einer Ebene begränzt denken, welche unserm Horizonte parallel ist, und den unbekannten Abstand derselben von unserm Scheitel mit 1 bezeichnen, so können wir die Längen der Wege, welche die Lichtstrahlen bei willkürlichen Höhen zurücklegen, als Vielfache dieser Einheit angeben. Wenn wir ferner die Messungen an recht heiteren Tagen bei verschiedenen Höhen der Sonne wiederholen, so können wir daraus annähernd die Größe bestimmen, um welche das Instrument in einer Minute außerhalb der Atmosphäre gestiegen seyn würde. Diese beträgt für das von mir benutzte Heliothermometer nahe 5,2 Grad, also bei einer Höhe von 40° 30' kamen in dem obigen Beispiele nur nahe $\frac{2}{3}$, bei einer Höhe von 21° 30' nur etwa die Hälfte aller auf die Atmosphäre fallenden Strahlen zum Boden, die übrigen wurden von der Atmosphäre theils verschluckt, theils nach verschiedenen Richtungen gegen die Erde und den Himmelsraum zurückgeworfen.

Um diese von der verschiedenen Höhe der Sonne abhängige Größe auf eine übersichtliche Art auszudrücken, ist es am zweckmäßigsten, die Menge von Strahlen aufzusuchen, welche bis zum Boden gelangt seyn würde, wofern die Sonne im Scheitel gestanden hätte. Bezeichnen wir die Menge der Strahlen, welche auf die Atmosphäre fallen, mit 100, so kommen selbst an den

heitersten Tagen nur etwa 70 bis 80 zum Boden, so daß also $\frac{1}{4}$ von der Atmosphäre theils absorbiert, theils reflectirt wird. Suchen wir die ganze Summe von Strahlen auf, welche an einem heitern Tage vom Aufgange bis zum Untergange der Sonne den Boden wirklich erreicht, so zeigt eine annähernde Rechnung, daß sie etwa die Hälfte aller im Laufe des Tages auf die Atmosphäre fallenden Strahlen beträgt. Und dieses gilt von einem solchen Wetter, bei welchem der Himmel mit einem schönen reinen Blau erscheint. Rechnen wir aber heitere und trübe Tage zusammen, so wird begreiflich, daß der Boden nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil von allen zur Erde gelangenden Strahlen erhält.

Die Menge von Wärme, welche die Erde von der Sonne erhält, strahlt theilweise wieder nach oben, diese Wärme ist aber größtentheils dunkle, und es ist sehr wahrscheinlich, daß sie bei ihrem Durchgange durch die Luft einen weit größeren Widerstand erleidet, als die leuchtenden Strahlen der Sonne. Je weniger die Luft rein ist, je größer die Zahl niedergeschlagener Dämpfe ist, desto größer wird der Widerstand, welchen leuchtende und dunkle Strahlen erleiden, desto mehr wird also einerseits die Erwärmung des Bodens durch die Sonne, andererseits aber seine Erkaltung durch Strahlung verhindert.

Wärme der Erde und des Weltraumes.

Bei Betrachtung der Wärmeverhältnisse der Luft haben wir bisher nur die Sonne als wirkende Ursache angesehen; es sind aber in neueren Zeiten, besonders von Fourier zwei andere Umstände angeführt worden, welche darauf einwirken, nämlich die eigenthümliche Wärme der Erde und die des Weltraumes. Ist gleich der Einfluß beider auf die Angabe des Thermometers unbedeutend, so scheint es doch zweckmäßig, sie hier in der Kürze zu betrachten.

Stecken wir Thermometer in verschiedenen Tiefen in die Erdrinde, so daß ihre Kugeln mit dem Boden in Berührung stehen, so werden die jährlichen Variationen in ihren Angaben desto kleiner, je tiefer die Instrumente im Boden stecken; in einer Tiefe, welche je nach der Beschaffenheit des Erdreiches und Klima 20 oder mehr Fuß beträgt, steht das Instrument das ganze

Jahr hindurch auf demselben Punkte. Diese unveränderliche Größe stimmt sehr nahe mit der mittlern Wärme der Luft überein. Gehen wir tiefer hinab, so nimmt diese Temperatur des Bodens immer mehr zu. Erfahrungen in Bergwerken, künstlich angelegte Bohrlöcher bestätigen dieses auf eine Weise, daß die Thatsache nicht bezweifelt werden kann. Es hängt von der Beschaffenheit des Bodens ab, ob diese Zunahme der Wärme schneller oder langsamer erfolgt; denn je nach Localverhältnissen hat man gefunden, daß man 40 bis 100 oder noch mehr Fuß hinabsteigen müsse, wenn die Wärme um 1 Grad zunehmen soll.

In allen Gegenden der Erde haben die bisherigen Messungen gezeigt, daß die tieferen Schichten der Erde wärmer sind, als die oberen; ob aber diese schnelle Zunahme der Temperatur sich nur bis zu einer gewissen Tiefe erstreckt, oder ob sie sich bis zum Mittelpunkte der Erde zeige, darüber läßt sich auf dem Wege der Erfahrung nichts ausmachen, es eröffnet sich hier ein weites Feld für Speculationen. Einige Naturforscher nehmen eine stetige Zunahme der Temperatur an, in geringer Tiefe würden wir dann schon eine Wärme antreffen, welche der des siedenden Wassers gleich wäre, der Kern der Erde selbst müßte aus Stoffen bestehen, die bei der ungeheuren Hitze sich ewig in einem glühend flüssigen Zustande befänden. Damit wird eine andere Hypothese in Verbindung gesetzt. Die Erde, welche einst glühend war, erkaltete im Weltraume dadurch, daß sie nach allen Seiten Wärme ausstrahlte, diese Erkaltung zeigte sich zuerst an der Oberfläche, durch Leitung ward ein Theil der so verlorenen Wärme aus dem Innern ersetzt und so letzteres selbst erkaltet. Noch jetzt strömt unaufhörlich Wärme aus dem Innern nach der Rinde, jedoch zeigt eine genauere Rechnung, daß die Menge derselben in Vergleich mit der durch die Sonne erzeugten unbedeutend ist, vor Jahrtausenden jedoch war sie bedeutender, alle Punkte auf der Erde hatten eine höhere Temperatur, und daraus müssen wir es uns erklären, wie einst in hohen Breiten Gewächse vorkamen, deren Analoga gegenwärtig nur in Tropengegenden wachsen, wie wir in den Schichten der Erdrinde Thiere im versteinerten Zustande antreffen, welche jetzt nicht in den kalten Gegenden leben könnten, in welchen wir sie antreffen.

Allerdings scheint es auf den ersten Anblick kaum glaublich, daß das Innere der Erde sehr heiß sey, während wir auf der verhältnißmäßig kalten Oberfläche nichts von dieser Hitze bemerken. Es ist diese Thatsache nur aus der schlechten Wärmeleitung in den Gesteinschichten unserer Erde erklärbar und die Vulcanen haben uns mit ähnlichen Thatsachen bekannt gemacht. Die Lava, welche aus dem Krater herausquillt, hat eine solche Hitze, daß die meisten Metalle dadurch geschmolzen werden, bald bildet sich auf ihr eine starre Rinde, deren vielfach zerrissene Schladen wie Eisschollen auf einem Flusse fortziehen, aber diese Stücke haben bereits eine so niedrige Temperatur, daß auf ihnen mehrfach Reisende den glühenden Lavaström überritten haben. Ist der Strom zur Ruhe gekommen und bildet sich die zusammenhängende Rinde, so verhindert sie die Erkaltung, und noch nach Jahren zeichnet sich das Innere dieser Massen durch hohe Temperatur aus. Gemellaro traf sogar am Aetna eine Eismasse, über welche ein Lavaström geflossen war, aber nach Jahren war sie noch nicht geschmolzen, die kalte Rinde hatte die Wärmeleitung aus dem Innern verhindert.

Indem die Erde sich durch den Himmelsraum bewegt, ist sie unaufhörlich von einem Mittel umgeben, dessen wahrscheinlich sehr niedrige Temperatur uns völlig unbekannt ist; andererseits aber senden alle Gestirne mit ihren Lichtstrahlen auch zugleich Wärme aus unermesslicher Ferne zu uns. Da einige Gegenden des Himmels reicher an Sternen sind, als andere, so wird die von verschiedenen Theilen ankommende Wärme auch nicht gleich seyn. Indessen gerade so wie wir die verschiedenen Angaben des Thermometers im Laufe des Jahres zu dem Mittel vereinigen, so können wir uns auch die Wärme des Himmels auf dem ganzen Gewölbe gleichförmig vertheilen. Verbinden wir diese Größe mit der oben erwähnten Temperatur des Raumes, in welchem die Erde sich bewegt, so erhalten wir dadurch diejenige Größe, welche Fourier die Wärme des Weltraumes nennt und für welche er etwa $— 50^{\circ}$ bis 60° angiebt, während Pouillet dieselbe zu etwa $— 140^{\circ}$ bestimmt. Die Abweichung dieser ganzen Bestimmung zeigt schon das höchst Unsichere dieser ganzen Rechnung, und sehr klein scheint der Einfluß dieser Größe auf die Messungen in den unteren Schichten der Atmosphäre.

Aus dieser in verschiedenen Gegenden des Weltraumes ungleichen Temperatur leitet Poisson die vorher erwähnte Wärme im Innern der Erde her. Da nämlich das ganze Sonnensystem langsam durch den Weltraum fortrückt, so mag unsere Erde vor Jahrtausenden in einer wärmern Gegend gewesen seyn; die hohe Temperatur dieses Raumes ist jetzt noch im Innern wahrnehmbar, und gegenwärtig, wo wir uns in einer kältern Gegend befinden, wird die Erde von diesem Vorrathe noch eben so erwärmt, wie ein Bär während des Winterschlafes von seinem Fette zehrt.

Einfluß der Hydrometeore auf die Temperatur.

Uebergehen wir indessen diese Speculationen und wenden uns zu Thatfachen, welche leichter nachweisbar und einflußreicher sind, und unter diesen stehen die Hydrometeore an der Spitze. Ohne den Gegenstand tiefer zu untersuchen, können wir uns schon mit Leichtigkeit häufig von dem Einflusse der Bewölkung des Himmels auf die Temperatur überzeugen. Wenn im Sommer z. B. der Morgen bei windstillem Wetter heiter ist, so steigt die Temperatur in einigen Stunden sehr schnell; bilden sich jetzt aber Wolken, welche die Ankunft der Sonnenstrahlen zur Erde verhindern, so steigt das Thermometer wenig oder sinkt wohl gar, noch lange ehe die Zeit angekommen ist, wo gewöhnlich die größte Wärme Statt zu finden pflegt. Umgekehrt bemerken wir ein schnelles Steigen dieses Instrumentes, wenn der Himmel am Vormittage trübe war und die Sonne dann plötzlich durchdringt. Wenn dagegen im Winter der bis dahin heitere Himmel plötzlich bewölkt wird, so finden wir eine schnelle Zunahme der Temperatur, dagegen sinkt diese bedeutend, wenn die Wolken verschwinden.

Das, was hier eben in einzelnen Fällen erwähnt wurde, zeigt sich auch im Durchschnitte der Beobachtungen. Wenn wir in den einzelnen Monaten die mittlere Temperatur völlig heiterer und völlig trüber Tage einzeln aufsuchen, so finden wir zwischen den so gefundenen Größen bedeutende Unterschiede. Im Winter nämlich sind die trüben Tage mehrere Grade wärmer, im Sommer mehrere Grade kälter, als die heiteren.

Diese Verschiedenheit beider Jahreszeiten müssen wir uns aus demjenigen erklären, was so eben über die Absorption der Wärmestrahlen in der Luft und früher (S. 31.) über den Gang der Erwärmung in diesen beiden Jahreszeiten gesagt wurde. Im Sommer nämlich strahlt zwar eben so wie im Winter die Erde einen Theil der Wärme aus, welche sie von der Sonne erhält, aber das, was ihr jene giebt, ist bei weitem bedeutender als dasjenige, was durch Strahlung verloren geht; wenn gleich bei diesen Vorgängen die dunkeln Wärmestrahlen in verhältnißmäßig größerer Menge absorbiert werden, als die leuchtenden der Sonne, so ist doch wegen der stärkern Wirkung der letztern die Erwärmung geringer als die Erkaltung, und so finden wir eine Abnahme der Temperatur. Im Winter dagegen erkaltet die Erde im Allgemeinen, der Verlust durch Strahlung während der Nacht ist größer als der Gewinn von der Sonne, und da Wolken das Entweichen der dunkeln Wärme verhindern, diese auch zum Theil gegen den Boden reflectiren, so finden wir alsdann eine höhere Temperatur. Dazu kommt noch der Umstand, daß die niedergeschlagenen Dämpfe im Winter sich in weit geringeren Höhen befinden, als im Sommer, und daß sie durch die bei der Condensation frei gewordene Wärme auf den Boden einwirken können.

Die Herabdrückung der Temperatur, welche sich im Sommer bei nicht heiterm Himmel zeigt, ist noch bedeutender, wenn es etwa zugleich regnet; dann kommen die Wassermassen nicht bloß aus den oberen kalten Schichten der Atmosphäre herab und deprimiren dadurch die Wärme, was wegen der großen Wärmecapacität des Wassers stets sehr bedeutend ist, sondern indem das Wasser nun wieder verdunstet, binden die aufsteigenden Dämpfe eine große Menge von Wärme, welche sie dem Boden und den mit ihm in Berührung stehenden Luftmassen nehmen. Daher führen Tage, an denen es heftig regnet, wie dieses bei Gewittern der Fall ist, in der Regel eine bedeutende Erkaltung der Luft mit sich, ja wenn wir an demselben Orte eine Reihe von Jahren hindurch beobachtet haben, so ergiebt sich die verschiedene Wärme heiterer und nasser Monate sowohl im Winter als im Sommer sehr auffallend. Einem Jeden ist noch wohl der nasskalte Sommer von 1855 und auch 1858, der heitere und

heiße Sommer 1834, so wie der gelinde aber trübe Winter 1833 auf 1834 und der kalte und heitere von 1837 auf 1838 erinnerlich.

Besonders auffallend zeigt sich diese Einwirkung der Himmelsbeschaffenheit auf die Temperatur zwischen den Wendekreisen. Hier, wo die Mittagshöhe der Sonne sich im Laufe des Jahres weit weniger ändert, als in unseren Gegenden, sind es vorzüglich die Regen, welche einen von dem unsrigen völlig abweichenden Gang der Wärme hervorrufen. Ist nämlich die Sonne am weitesten vom Scheitel entfernt (also in der nördlichen Halbkugel im December und Januar), so ist die Wärme am kleinsten; so wie jene höher steigt, nimmt die Temperatur zu, und würde dieses so lange thun, bis sie genau im Scheitel stände, aber noch ehe dieses geschieht, beginnt der Regen, die Temperatur wird kleiner, und erst später, wenn die Sonne bei ihrer Rückkehr in die andere Halbkugel sich vom Scheitel entfernt, treffen wir eine neue Zunahme der Wärme, welche ihren größten Werth erreicht, wenn der Regen aufhört, worauf späterhin die Abnahme der Temperatur bis zu dem zuerst erwähnten Minimum erfolgt. Während daher in unseren Breiten die Wärme im Laufe des Jahres ein Maximum und ein Minimum zeigt, finden wir zwischen den Tropen im Allgemeinen zwei Maxima und zwei Minima: die beiden letzteren in der Mitte der trockenen (bei größter Entfernung der Sonne vom Scheitel) und nassen Jahreszeit, die beiden ersteren am Anfange und Ende der nassen Jahreszeit. Daher zeigt uns jeder Ort zwischen den Wendekreisen einen andern Gang der Wärme, es tritt dies Minimum in Folge des Regens entweder stark hervor, oder es geschieht auch wohl, daß mit dem Regen plötzlich eine lebhafte Depression erfolgt, und daß diese niedrige Temperatur mehrere Monate hindurch fort dauert, ohne daß später ein auffallendes Maximum erscheint, indem die Sonne sich schnell vom Scheitel entfernt und in Folge dieser Bewegung das Thermometer sinkt.

Obgleich eine große Menge von Orten zwischen den Wendekreisen mir eine mehr oder weniger vollkommene Bestätigung des eben Gesagten geliefert hat, so will ich hier doch nur dies Verhältniß an drei Orten von Hindostan anführen; von jedem derselben gebe ich die Regenmenge in pariser Zollen und die Tempe-

ratur in Graden des hunderttheiligen Thermometers; die letzte Horizontalspalte enthält für den Regen die Summe, für die Temperatur das Mittel.

Monat	Anjarakandy		Madras		Calcutta	
	Regen	Temp.	Regen	Temp.	Regen	Temp.
Januar	0. 1	26,5	0. 8	24,0	0. 0	18,4
Februar	0. 1	27,7	0. 1	25,1	2. 6	21,5
März	0. 3	28,4	0. 5	26,5	0. 11	25,6
April	1. 1	29,8	0. 4	28,0	4. 10	28,5
Mai	6. 6	28,6	1. 3	30,5	6. 0	29,7
Juni	29. 4	26,6	0. 10	31,2	21. 3	29,3
Juli	29. 10	25,8	2. 9	29,8	12. 6	28,1
August	21. 2	26,0	3. 8	29,3	11. 6	28,3
Septbr.	11. 6	26,4	4. 1	28,8	9. 5	28,0
Octbr.	5. 10	26,8	11. 6	27,7	1. 7	27,2
Novbr.	2. 5	26,9	13. 1	25,9	0. 9	23,0
Decbr.	1. 1	26,5	7. 1	26,0	0. 0	19,2
Jahr	109. 2	27,2	45. 9	27,6	71. 3	26,4

Von diesen Orten liegt Anjarakandy an der Küste Malabar, in einer Breite von 12 bis 13°, Madras dagegen an der Ostküste Hindostans in der Breite von 13°, Calcutta im Winkel des bengalischen Meerbusens in einer Breite von 22½°. Alle diese Orte haben ihre kleinste Temperatur im December oder Januar, weil dann die Sonne am weitesten vom Scheitel entfernt ist; weil dann die Sonne mehr in Calcutta zu bemerken, als an den andern Orten, weil hier der Abstand der Sonne vom Scheitel verhältnißmäßig am größten ist. So wie die Sonne höher steigt, nimmt die Wärme zu, aber zugleich erfolgt im April der Wechsel der Moussons (S. 54.), der SW bringt an der Küste Malabar heftige Regen, und so wie die herabstürzende Wassermasse größer wird, sinkt sogleich die Temperatur, welche ihren größten Werth daselbst im April erreicht; im Juli, wo die Regenmenge am bedeutendsten ist, finden wir daher in Anjarakandy ein neues Minimum, bei welchem das Thermometer sogar einen geringern mittlern Stand hat, als im Januar. Calcutta nimmt an diesen Moussons zwar Theil, aber da die Winde über keine so große Wasserstrecken gegangen sind und keine so steile Bergketten antreffen, als bei Anjarakandy, so sind die Regen auch nicht so bedeutend. Die Wärme steigt noch bis zum Ende Mai und beginnt nun erst zu sinken; die Größe dieser Depression ist in

Folge der geringern Regenmenge kleiner als in Anjarakandy. Wenn die Regen im Herbst abnehmen, so steigt an der Küste Malabar die Wärme aufs Neue, und am Ende Octobers, wo die Sonne wieder einwirkt, finden wir ein zweites Maximum, worauf die Wärme bis zum Januar abnimmt. Dieses Maximum zeigt sich in Calcutta nicht, denn wenn im Herbst der ND-Mousson den Himmel aufheitert, entfernt sich hier die Sonne verhältnißmäßig schneller vom Scheitel, als in den südlicher liegenden Orten, und die Nächte nehmen daher etwas mehr zu. Wenn nun beim SW-Mousson die Regen an der Westküste Hindostans heftig sind, finden wir in Madras weniger Regen, die Temperatur steigt bis zum Junius. Erst im Julius kommen die Wolken zuweilen über das Plateau, die Regen nehmen zu, und sogleich zeigt sich eine Abnahme der Wärme, die anfänglich unbedeutend, dann stärker wird, wenn im October und November größere Wassermassen herabstürzen.

Es folgt wohl aus diesen Bemerkungen von selbst, daß diejenigen Orte zwischen den Wendekreisen, welche sich durch reichliche Regen auszeichnen, eine geringere mittlere Temperatur haben, als die trockneren Gegenden. Dieses zeigt besonders die Westküste von Südamerica. In der Nähe des Aequators, von der Bai von Cupica bis zum Golf von Guayaquil regnet es fast das ganze Jahr, und die mittlere jährliche Temperatur dieser Gegenden beträgt nach den trefflichen Untersuchungen Boussingault's nur etwa 26° , aber weiter nach Süden, in Payta, wo es selten regnet, so wie auf der Ostküste bei Cumana, beträgt diese Größe mehr als 27° , obgleich beide Orte weiter vom Aequator entfernt sind.

Einfluß der Winde auf die Temperatur.

Auch dieses Phänomen ist mit Leichtigkeit zu erkennen, da wohl ein Jeder die Wärme südlicher und die Kälte nördlicher Winde besonders im Winter empfunden hat. Soll jedoch dieser Zusammenhang etwas mehr als eine bloße Wahrnehmung seyn, dann ist erforderlich, die Temperaturen bei einzelnen Winden schärfer anzugeben. Das Verfahren der Zusammenstellung und die Entfernung des Einflusses, welchen tägliche und jährliche Variationen auf die einzelnen Größen haben, ist dasselbe, welches

wir oben bei den Dämpfen angewendet haben (S. 120.), dergestalt, daß ich darüber hier nicht weiter sprechen will. Wenn wir uns auf diese Art mit den jährlichen Mitteln begnügen, so finden wir an verschiedenen Orten die folgenden Größen:

Wind	London	Hamburg	Halle	Ofen	Moscau	Stockholm
N	$9^{\circ},14$	$7^{\circ},75$	$7^{\circ},50$	$9^{\circ},15$	$0^{\circ},59$	$3^{\circ},74$
ND	$10,53$	$7,75$	$6,89$	$9,55$	$—0,68$	$5,51$
D	$11,03$	$8,75$	$7,59$	$10,10$	$2,78$	$8,23$
SD	$11,97$	$9,12$	$9,54$	$10,64$	$3,91$	$9,41$
S	$11,32$	$10,13$	$10,57$	$12,44$	$4,14$	$8,78$
SW	$11,77$	$10,62$	$10,31$	$12,62$	$3,51$	$8,46$
W	$10,42$	$9,88$	$9,66$	$10,40$	$3,30$	$7,21$
NW	$9,86$	$9,12$	$7,38$	$9,55$	$1,04$	$3,13$

Ist gleich nicht zu leugnen, daß die in dieser Tafel enthaltenen Größen noch manche Anomalieen zeigen, so geht doch aus ihnen auf eine sehr entschiedene Weise die geringe Temperatur nördlicher, die höhere südlicher Winde hervor; von dem Winde, bei welchem das Thermometer am niedrigsten steht, ändert dieses seinen Stand ziemlich regelmäßig bis zu demjenigen, wo es am höchsten steht. Wenn wir aus diesen Größen ein Gesetz herleiten, welches die Abhängigkeit zwischen Windrichtung und zugehöriger Temperatur angiebt, und dann die kältesten Punkte des Horizontes so wie die Unterschiede zwischen den ihnen entsprechenden Temperaturen auffuchen, so finden wir dafür die folgenden wahrscheinlichen Werthe:

Kältester Wind		Wärmster Wind		Unterschied
London	N	S 12° W		$2^{\circ},79$
Hamburg	N 30° D	S 16° W		$2,50$
Halle	N 30° D	S 17° W		$3,81$
Ofen	N 16° W	S 11° W		$3,07$
Moscau	N 19° D	S 42° W		$4,84$
Stockholm	N 2° D	S 26° W		$6,14$

Der kälteste Wind liegt demnach fast an allen Orten zwischen N und D, so daß wir etwa NW dafür ansehen können, und nur Ofen macht davon eine auffallende Ausnahme, obgleich wahr:

scheinlich die Anomalieen hier noch nicht völlig entfernt sind. Der wärmste Wind dagegen liegt etwas westlich von S, und wir können dafür etwa SEW annehmen. Der Unterschied beider beträgt mehrere Grade, er scheint größer zu werden, wenn wir von den westlichen Küsten unsers Welttheiles nach seinem Innern gehen.

Tritt dieser Einfluß gleich in allen Jahreszeiten deutlich hervor, so ist er doch im Winter bedeutend größer als im Sommer; dabei aber zeigt auch die Richtung des Windes eine Abhängigkeit von den Jahreszeiten. Denn während im Winter der kälteste und wärmste Wind nahe mit ND und SW zusammenfallen, finden wir dafür im Sommer NW und SO.

So wie wir oben bei den Dämpfen eine regelmäßige Aenderung derselben im Laufe des Tages fanden, welche innig mit der von Dove ausgesprochenen Ansicht über die Drehung der Winde zusammenhängt, so finden wir es auch hier bei dem Thermometer. Ich gebe in folgender Tafel die Resultate meiner Beobachtungen in Halle; ich will jedoch nur am Morgen und Abend die Stunden nehmen, bei denen in den einzelnen Monaten das Mittel Statt findet, außerdem habe ich die beiden Stunden 2^h und 3^h genommen, bei denen das tägliche Maximum Statt findet. Die Zeichen + und — bezeichnen, daß die zu diesen Stunden bei den entsprechenden Winden gefundenen Größen über oder unter dem Mittel aller Beobachtungen lagen. Die in der letzten Horizontalspalte mit „Aenderung“ bezeichnete Größe giebt den Unterschied zwischen dem Mittel der drei Morgen- und der Abendbeobachtungen, und zwar bezeichnet das Zeichen + ein Steigen, das Zeichen — ein Sinken des Thermometers.

Zeit	N	ND	D	SO	S	SW	W	NW
8 ^h Morg.	-1 ^o ,26	-2 ^o ,37	-2 ^o ,00	-0 ^o ,50	+1 ^o ,00	+1 ^o ,20	+1 ^o ,06	-0 ^o ,86
9	-1,50	-2,37	-1,80	+0,01	+1,21	+1,27	+0,98	-1,26
10	-1,62	-2,39	-1,60	+0,37	+1,50	+1,31	+0,86	-1,48
2 Abends	-1,92	-2,23	-1,11	+1,25	+2,15	+1,23	+0,34	-2,19
3	-1,78	-2,14	-1,05	+1,28	+2,21	+1,25	+0,28	-2,25
7	-1,62	-1,93	-1,24	+0,86	+1,84	+1,21	+0,31	-1,92
8	-1,66	-1,94	-1,29	+0,62	+1,79	+1,22	+0,34	-1,78
9	-1,48	-1,95	-1,35	+0,52	+1,71	+1,26	+0,39	-1,68
Aenderung	-0,13	+0,44	+0,51	+0,71	+0,54	-0,03	-0,62	-0,59

Vergleichen wir hier nur diejenigen Größen, welche am Morgen und Abend zu denjenigen Zeiten gefunden sind, wo durchschnittlich die mittlere tägliche Temperatur eintritt, so finden wir, daß beim Nordwinde die Wärme noch ein wenig sinkt; indem nämlich bei regelmäßiger Drehung der Wind nach ND geht, kommt er erst etwa bei NNW aus derjenigen Gegend, welche am kältesten ist, die Temperatur zeigt also bis dahin noch ein Sinken. Dagegen finden wir bei ND bereits eine Zunahme der Wärme, denn da der Wind an diesem Punkte nach dem wärmern D geht, so muß sich schon im Laufe des Tages diese Zunahme der Wärme zu erkennen geben. Diese Zunahme dauert so lange, bis der Wind endlich aus einer Gegend kommt, welche zwischen S und SW liegt, aus welcher der wärmste Wind kommt, das Thermometer bleibt hier unverändert, es zeigt sich weder ein anomales Steigen noch Sinken. So wie er aber von hier nach W und NW geht, kommt er aus kälteren Gegenden, und die damit zusammenhängende Abnahme der Wärme läßt sich schon im Laufe eines jeden Tages erkennen.

Die mitgetheilten Thatfachen zeigen, daß wir in einem großen Theile Europas dasselbe Gesetz finden, und es bleibt uns daher nur noch übrig, die Ursache davon anzugeben. Bedenken wir, daß die Winde einen Theil der Eigenschaften mitbringen, welche sie in denjenigen Gegenden erlangt hatten, aus denen sie wehen, so folgt von selbst, daß nördliche Winde kälter seyn müssen, als südliche. Wir werden jedoch in der Folge sehen, daß die kältesten Gegenden nicht sowohl nördlich und südlich, als vielmehr etwas nordöstlich und südwestlich von uns liegen, und hieraus ergibt sich zum Theil der Umstand, daß die kältesten und wärmsten Winde nicht mit N und S zusammenfallen. Jedoch ist hierbei zugleich die Lage der Punkte in Europa zu beachten. Während nämlich die SW-Winde besonders im Winter eine warme und feuchte Luft herbeiführen, welche die Erkaltung des Bodens verhindert, muß die Wärme bei ihnen etwas höher seyn, als bei den mehr continentalen Südwinden, welche nicht selten eine lebhafte Strahlung begünstigen. Umgekehrt aber haben die östlichen Winde einen geringen Dampfgehalt, und so wird die Wärme während ihres Wehens etwas durch Verdunstungskälte deprimirt.

Das eben Gesagte liefert uns eine Bestätigung der schon mehrfach gemachten Bemerkung, daß in der Meteorologie selten zwei Erscheinungen isolirt stehen, daß jedes Phänomen die Ursache von mehreren sey, daß aber auch umgekehrt selten eine Erscheinung nur einen einzigen Grund habe; denn kaum hat sich in unseren Gegenden ein SW-Wind erhoben, so wirkt er auf die Temperatur nicht bloß durch die ihm eigenthümliche Wärme, sondern es wird diese Wirkung sogleich durch die von ihm herbeigeführten Dämpfe und damit in Verbindung stehende Beschaffenheit des Himmels abgeändert. Daher ist derselbe Wind im Winter und Sommer von sehr verschiedenem Einflusse. Während nämlich die feuchten westlichen Winde sich im Winter durch eine ungewöhnlich hohe Temperatur auszeichnen, sind sie im Sommer kühler; in jener Jahreszeit nämlich verhindert der bewölkte Himmel die Erkaltung der Erde durch Strahlung, in dieser die Erwärmung durch die Sonne. Daher liegt der kälteste Wind im Winter mehr bei N, im Sommer mehr bei NW, der wärmste im Sommer bei SO, im Winter bei SW.

Hiermit hängt ein anderes Phänomen zusammen, welches die obige Tafel über die Aenderung der Wärme bei verschiedenen Winden im Laufe des Tages zeigt. Wenn wir nämlich die Abweichungen der einzelnen Größen vom Mittel um 2 und 3 Uhr mit denen am Morgen und Abend vergleichen, so finden wir zwischen diesen drei Gruppen keinen rechten Zusammenhang. So finden wir z. B. bei SO vom Morgen bis zum Abend eine Zunahme der Wärme, noch bedeutender aber ist diese bis zur Zeit der größten täglichen Wärme, und von hier bis zum Abend finden wir sogar eine neue Abnahme. Das Umgekehrte zeigt sich bei NW, denn der Unterschied vom Mittel nimmt vom Morgen bis zum Mittag ab, von hier aber wieder zu. Diese Thatsache, welche auf den ersten Anblick demjenigen zu widersprechen scheint, was so eben über den Einfluß der Drehung des Windes gesagt wurde, steht in inniger Verbindung mit der Bewölkung des Himmels. Denn da der SO meistens heiterer, der NW meistens trüber als das Wetter im Mittel ist, so ist bei jenem eine lebhaftere, bei diesem eine schwächere Wirkung der Sonne vorhanden, was besonders zur Zeit der größten Tageswärme zu erkennen ist.

Die Thatsache, daß der kälteste Wind von dem nördlich liegenden Festlande, der wärmste dagegen mehr von dem südlich liegenden Meere komme, zeigt sich auch an den Ostküsten der Continente, wie dieses die Beobachtungen zu Cambridge in Massachusetts und zu Peking in China beweisen.

Das, was wir bisher gesagt haben, genügt, um den Grund der vielen Abweichungen vom regelmäßigen Gange der Wärme im Laufe des Jahres zu erkennen. Monate mit südlichen Winden werden eine ganz andere Temperatur haben, als eben diese Monate in einem Jahre, wo nördliche Winde vorherrschend sind; haben längere Zeit hindurch westliche Winde geherrscht und treten dann östliche ein, so ist damit eine bedeutende Aenderung der Wärme verbunden. Aber, kann man gegen das Gesagte erwidern, der größte Unterschied zwischen dem wärmsten und kältesten Winde beträgt nach den obigen Tafeln noch nicht 10° , und doch weichen der wärmste und kälteste Tag in jedem Monate um mehr als diese Größe von einander ab; es ist daher nicht möglich, daß die angeführten Ursachen hinreichend sind, um dieses Phänomen zu erklären. Wir dürfen jedoch nicht den Umstand übersehen, daß bei einer Zusammenstellung dieser Art die Winde nicht immer mit der ihnen eigenthümlichen Wärme erscheinen. Zuerst nämlich ist oft kein allgemein herrschender Wind vorhanden, kleine locale Differenzen der Temperatur sind Ursache, daß die Windfahne an einem Orte N, an einem zweiten in geringer Entfernung S anliegt; stimmt die Temperatur beider Orte nun etwa mit dem Mittel überein, und stellt man sie an dem einen zu N, an dem andern zu S, so wird offenbar die jedem entsprechende Größe etwas von der Wahrheit entfernt. Sodann dürfen wir nicht vergessen, daß die Temperatur, welche wir bei jedem Winde beobachten, eigentlich nie die letzterm entsprechende Wärme völlig rein anliegt, sondern daß sie zusammengesetzt ist aus der Größe, welche ihm entspricht, und derjenigen, welche er vorfindet. Gesezt, längere Zeit haben etwa im Winter warme westliche Winde geherrscht, und es gehe der Wind plötzlich nach N, wo sich dann auch gleich eine Erkaltung zu erkennen giebt, so wirken der warme Boden und die wärmere Luft doch noch dahin, daß dieser Ostwind von einem Thermometerstande begleitet wird, welcher höher ist, als derjenige, welcher ihm eigentlich entsprechen würde.

Die Anomalieen, welche auf diese Art erzeugt werden, sind nicht selten noch eine bedeutende Verstärkung in dem Ansehen des Himmels, und dieses zeigt sich besonders im Winter, ja hier zeigen sich nicht selten Erscheinungen, welche demjenigen, was über den Einfluß der Winde gesagt wurde, auf eine merkwürdige Weise widersprechen, besonders dann, wenn diese Jahreszeit mit vorherrschenden südwestlichen Winden sich durch große Milde auszeichnet. Bei westlichen Winden möge der Himmel trübe und heiter gewesen seyn, der Wind geht nach N und NO, mehr oder minder dicke Nebel und Wolken verhindern die Strahlung, die Wärme sinkt nicht, wie es diese Winde fordern, vielmehr steigt sie nicht selten, oder bleibt doch unverändert. Bei meistens schnell sinkendem Barometer geht der Wind in kurzer Zeit nach SO und S, der ganze Himmel wird heiter, aber statt der Erwärmung ist eine schneidende Kälte eingetreten. Diese Wärme jedoch zeigt sich bereits in der Höhe; indem sie alle Wolken auflöst, war sie Ursache des prachtvoll heitern Himmels, welcher die Erkaltung des Bodens durch Strahlung begünstigte. Doch ist eben dieser Zustand der Witterung derjenige, von welchem das Sprichwort gilt: „strenge Herren regieren nicht lange“; denn bald erstreckt sich die Wärme der herbeigeführten Luftmassen bis zum Boden, der Himmel wird mit Cirris bedeckt, denen bald dicke Cumuli folgen, und kaum 24 Stunden nachher findet starkes Thauwetter Statt. Jeder Winter liefert mehrere Beispiele dieser Art, so daß natürlich dadurch bei der Zusammenstellung der Nordwind eine zu hohe, der Südwind eine zu niedrige Temperatur erhält.

Temperaturextreme an verschiedenen Orten.

Der Mensch kann bei Temperaturen ausdauern, denen kein Thier zu widerstehen vermag; in der brennenden Hitze africanischer Wüsten, so wie in den kalten Polargegenden haben Engländer Beobachtungen angestellt, welche für die Kenntniß unsers Planeten von großer Wichtigkeit sind. Es ist daher die Frage, welches die höchsten und niedrigsten Wärmegrade auf der Erde sind. Eine Angabe dieser Art ist stets relativ, denn abgesehen davon, daß der Beobachter sein Instrument vielleicht nicht immer in dem Momente angesehen hat, in welchem es den höchsten oder

niedrigsten Stand hatte, so haben bei diesem Phänomene mehrere kleine Umstände einen großen Einfluß auf die gefundenen Größen. Größere oder geringere Nähe an dem strahlenden Boden, etwas Staub, der sich auf der Kugel des Thermometers befand und dieses dadurch fähiger machte, die strahlende Wärme zu empfangen u. s. w., ändern die Angaben etwas ab. Daher darf es kein Wunder seyn, wenn verschiedene Beobachter an demselben Orte an ungewöhnlich heißen oder kalten Tagen oft so abweichende Größen erhalten.

Was zuerst die niedrigsten Temperaturen betrifft, so finden wir, daß es in hohen Breiten an vielen Orten geschehen ist, daß das Quecksilber im Thermometer stunden- oder selbst wochenlang gefroren war, und da sich dieses bei einer Wärme von $-39^{\circ},5$ in einen festen Körper verwandelt, so müssen wir daraus folgern, daß die Temperatur während dieser ganzen Zeit niedriger als -40° des hunderttheiligen Thermometers war. Bei so großer Kälte sieht man sich genöthigt, mit Instrumenten zu beobachten, welche mit Weingeist gefüllt und deren Angaben auf die eines Quecksilberthermometers reducirt werden.

Ich will hier zuerst eine Tafel mittheilen, welche die an verschiedenen Orten beobachteten niedrigsten Temperaturen enthält.

Ort	Breite	Kleinste Temperatur	Beobachter
Surinam	$5^{\circ} 38' \text{ S}$	$21^{\circ},3$	.....
Pondicheri	$11. 42 \text{ N}$	$21,6$	Cosigny
Madras	$13. 45 \text{ N}$	$17,3$	.....
Martinique	$14. 35 \text{ N}$	$17,1$	Chanvalon
Cairo	$30. 2 \text{ N}$	$9,1$	Riebuhr
Bagdad	$33. 21 \text{ N}$	$5,0$	Beauchamp
Capstadt	$33. 55 \text{ S}$	$5,6$	la Caille
Aleppo	$36. 12 \text{ N}$	$4,4$	Russel
Rom	$41. 59 \text{ N}$	$5,0$	Calandrelli
Cambridge, Massachus.	$42. 25 \text{ N}$	$24,4$	Williams
Padua	$43. 18 \text{ N}$	$15,6$	Loalbo
Prag	$50. 5 \text{ N}$	$27,5$	Strnad
London	$51. 31 \text{ N}$	$11,4$	Königl. Societät
Cumberland House	$54. 0 \text{ N}$	$42,2$	Franklin
Copenhagen	$55. 41 \text{ N}$	$17,8$	Bugge

Ort	Breite	Kleinste Temperatur	Beobachter
Moskau	55° 45' N	— 38°,8	Stritter
Stockholm	59. 20 N	— 26,9	Nicander
Petersburg	59. 56 N	— 34,0	Euler
Fort Entreprise	64. 30 N	— 49,7	Franklin
Winter-Insel	66. 11 N	— 38,6	Parry
Ingloolik-Insel	69. 20 N	— 42,8	Parry
Fort Reliance	62. 46 N	— 56,7	Back
Elisabeth-Hafen	69. 59 N	— 50,8	Koß

Die folgende Tafel enthält die höchsten Wärmegrade, die an verschiedenen Orten beobachtet sind:

Ort	Breite	Temperatur	Beobachter
Surinam	5° 38' N	32°,3	Humboldt
Pondichery	11. 55 N	44,7	Le Gentil
Madras	13. 45 N	40,0	Kogburgh
Beit-el-Kafih	14. 31 N	38,1	Niebuhr
Martinique	14. 35 N	35,0	Chanvalon
Veracruz	19. 12 N	35,6	Orta
Philä, Egypten	24. 0 N	43,1	Coutelle
Esne, Egypten	25. 15 N	47,4	Burchhardt
Cairo	30. 2 N	40,2	Coutelle
Bassora, Mesopotam.	30. 45 N	45,3	Bauchamp
Rom	41. 59 N	51,3	Calandrelli
Cambridge, Massachus.	42. 25 N	53,5	Williams
Padua	43. 18 N	56,3	Coaldo
Prag	50. 5 N	55,4	Strnad
Nord-America	55. 0 N	50,5	Franklin
Copenhagen	55. 41 N	53,7	Bugge
Moskau	55. 45 N	52,0	Stritter
Nain, Labrador	57. 0 N	27,8	de la Roche
Stockholm	59. 20 N	54,4	Ronnöw
Petersburg	59. 56 N	53,4	Euler
Eysford, Island	66. 30 N	20,9	van Scheels
Melville's Insel	74. 45 N	15,6	Parry
Elisabeth-Hafen	69. 59 N	16,7	Koß
Nord-America	65½ N	20,0	Back

Wenn gleich die in diesen Tafeln gegebenen Zahlen auf keine große Vollständigkeit Anspruch machen können, so geben sie doch zu manchen Bemerkungen Veranlassung. Die höchste Temperatur von 47°,4 C wurde von Burchhardt zu Esne in Ober-Egypten während eines Chamsins beobachtet; die niedrigste von — 56°,7 von Back in Nord-America, als er durch die Polar-gegenden jenes Welttheiles eine Reise machte, um den Capitän Koß aufzusuchen; der Unterschied beider beträgt 104°; es vermag demnach der Mensch Temperaturen zu ertragen, deren Abstand von einander größer ist, als der des siedenden und gefrierenden Wassers.

Sodann zeigt sich, daß die Unterschiede zwischen den höchsten Temperaturen in verschiedenen Gegenden weit geringer sind, als die zwischen den niedrigsten. Zwischen der heißesten Temperatur in Esne von 47°,4, und der auf Melville's Insel von 15°,6 liegt ein Unterschied von 31°,8, dagegen weichen die niedrigste Temperatur in Pondichery von 21°,6, und die im Fort Reliance von — 56°,7 um 78°,3, also um mehr als das Doppelte von einander ab. Es scheint dem nach, als ob vorzugsweise die Winterkälte die Ursache der geringern mittlern Temperatur hoher Breiten sey.

Endlich aber sehen wir, wie die Extreme vorzugsweise im Innern der Festländer liegen, während der Abstand derselben an den Küsten geringer ist. Kein Reisender hat auf dem hohen Meere bis jetzt eine Temperatur beobachtet, welche 31° übersteigt, die meisten Beobachtungen erreichen noch nicht 30°, also weniger als man in Petersburg gefunden hat. Eben so aber liegen im Innern des Landes die Minima weit tiefer, als an den Küsten. Man vergleiche Cairo mit Bagdad und der Capstadt, London mit Prag, so werden die obigen Zahlen die Richtigkeit dieser Behauptung zeigen. Doch sind es nicht bloß diese Extreme, welche die Richtigkeit des Gesagten bestätigen, sondern die Gesamtheit aller Beobachtungen zeigt uns den wichtigen Unterschied zwischen

Continental- und Seeklima.

Die große Wärme-Capacität des Wassers, so wie die Menge von Wärme, welche bei der Bildung oder dem Nieder-

und Winter, der in England kaum 13° betrug, ist hier bis etwa 15° gestiegen. Dieses zeigt sich noch mehr in

Deutschland.

Hier finden wir folgende Größen:

Ort	Winter	Sommer	Unterschied
Danzig	— 1,11	16,62	17,83
Baireuth	— 1,20	16,03	17,23
Berlin	— 1,01	17,18	18,19
Augsburg	— 1,08	16,80	17,88
Apenrade	0,73	16,21	15,48
Dresden	— 1,20	17,21	18,41
Cuxhaven	0,51	16,76	16,25
Lüdingen	— 0,02	17,01	17,03
Sagan	— 2,65	18,20	20,85
München	0,12	17,96	17,84
Regensburg	— 1,93	19,68	21,61
Hamburg	0,40	18,96	18,56
Flüneburg	0,95	17,25	16,30
Prag	— 0,44	19,93	20,37
Wien	0,18	20,36	20,18

Obgleich diese Tafel noch manche Anomalieen enthält, so giebt sich doch der Einfluß des Festlandes auf eine auffallende Weise zu erkennen. Ungeachtet der nördlichen Lage sinkt die Temperatur des Winters in Hamburg, Cuxhaven, Flüneburg und Apenrade noch nicht bis zum Gefrierpunkte; zeigt sich hierin der Einfluß des Meeres, so ist die Einwirkung des Landes darin zu erkennen, daß die Winter hier kälter sind, als bei einerlei Breite in England. Fast an allen übrigen Orten Deutschlands ist die Winterwärme kleiner als 0. Dafür aber sind auch die Sommer wärmer geworden, wie eine Vergleichung der für England und Deutschland gegebenen Tafeln zeigt, zumal wenn wir dabei zugleich auf die Höhe der Orte über dem Meere Rücksicht nehmen. Daher eine merkliche Zunahme der Differenz zwischen Sommer und Winter. Dieser Unterschied beträgt im nordwestlichen Deutschland etwa 16° in der Nähe des Meeres und steigt im östlichen bis zu 20° , wobei sich in Danzig wieder ein schwacher Einfluß der benachbarten Ostsee zu erkennen giebt.

Je weiter wir ins Innere des Festlandes gehen, desto kälter werden die Winter und desto größer ist der Unterschied zwischen Sommer und Winter, wie folgende Tafel zeigt.

Ort	Winter	Sommer	Unterschied
Petersburg	— 8,70	15,96	25,66
Ubo	— 5,79	16,14	21,91
Moskau	— 10,22	17,55	27,77
Kasan	— 13,66	17,35	31,11
Barnaul	— 14,11	16,57	30,68
Stawrout	— 16,49	16,08	32,57
Irkutsk	— 17,88	16,00	33,88

Während in England das Thermometer nur an einzelnen sehr kalten Tagen höchstens bis zu etwa 10° unter den Gefrierpunkt sinkt, finden wir im Innern des Festlandes bei ungefähr gleicher Breite dieselbe und eine noch bedeutendere Kälte für eine ganze Jahreszeit, und schon in Kasan geschieht es nicht selten, daß das Quecksilber gefriert; im Innern Sibiriens, wo die Winter noch kälter werden, bildet dieses Metall oft wochenlang einen festen Körper. Während aber einerseits der Mangel der Dämpfe die Strahlung im Winter und damit die Erkaltung so sehr begünstigt, kann die Sonne auch im Sommer lebhaft einwirken, und daher sind die Sommer wärmer als in England. Der Unterschied zwischen diesen beiden Jahreszeiten, welcher im westlichen Theile Rußlands noch etwa 23° beträgt, ist im Innern Sibiriens bis zu mehr als 33° gestiegen, also 3 bis 4 Mal größer als in England.

Dieses Gesetz wiederholt sich allenthalben auf der Erde: so zeichnet sich die nasse Westküste Norwegens durch sehr gelinde Winter und geringe Differenz zwischen der Temperatur dieser Jahreszeit und der des Sommers aus; aber kaum haben wir den Kamm der scandinavischen Alpen überstiegen, so treten uns auf eine auffallende Weise die continentalen Verhältnisse entgegen. Ganz etwas Ähnliches gilt von Nord-America. Denn während die Westküste desselben sich nach den wenigen vorhandenen Messungen durch gelinde Winter und kühle Sommer auszeichnet, finden wir den Unterschied beider Jahreszeiten im Innern größer, er nimmt ab, wenn wir uns der Küste des atlantischen Meeres

nähern, stets aber ist er hier bedeutend größer als im westlichen Europa. Der Grund davon liegt unstreitig in dem Vorherrschen der Westwinde, denn da diese hier über eine große Ländermasse gekommen sind, so theilen sie den Gegenden, in welche sie kommen, ihren continentalen Character mit, die Winter des östlichen America werden also kälter, die Sommer dagegen wärmer, als es ohne diesen Umstand der Fall seyn würde.

Isochimenen und Isotheren.

Um eine Uebersicht über die eben betrachteten Verhältnisse zu erlangen, könnte man auf einer Charte diejenigen Orte verbinden, deren Temperatur in derselben Jahreszeit gleich wäre, so daß die so gezeichneten Linien ein Bild von der Wärmevertheilung der Erde gäben. Linien, welche auf diese Art gezeichnet die Orte verbänden, deren Winterwärme gleich wäre, können wir Isochimenen (*ἴσος* gleich, und *χειμὼν* der Winter) nennen, diejenigen aber, durch welche die Orte mit gleicher Sommertemperatur verbunden werden, können Isotheren (*ἴσος* gleich, und *ἥρος* warm) heißen. Bis jetzt reichen die vorhandenen Thatsachen noch nicht aus, um diese Linien mit hinreichender Genauigkeit zu zeichnen, aber die vorhandenen Materialien zeigen bereits, daß beide Klassen von Linien sehr bedeutend von den Linien abweichen, durch welche auf einer Charte die Orte von gleicher Polhöhe verbunden werden, denn im Winter senken sich diese Isochimenen mit Schnelligkeit nach Süden, wenn wir von der Westküste Europas ins Innere des Landes gehen, indem die östlich liegenden Orte weit kältere Winter haben, als die westlicher liegenden. Die Isotheren dagegen heben sich von der Westküste aus gegen Nordosten, und erst weiter im Festlande scheinen die Sommer bei einerlei Breite auch gleiche Temperatur zu haben. Etwas Ähnliches zeigt sich in Nordamerika, denn bei gleicher Breite haben die Orte westlich von den Alleghanis kältere Winter und etwas wärmere Sommer, als die an dem Meere liegenden Gegenden.

Daß Verhältnisse dieser Art auf das Leben der Pflanzen und Thiere vom größten Einflusse seyen, ja zum Theil deren geographische Verbreitung bedingen, ist wohl von selbst einleuchtend, und einige wenige Bemerkungen mögen zum Beweise dieser Be-

hauptung dienen. Viele Thiere, namentlich Vierfüßer, welche nicht so bedeutende Wanderungen machen können als die Vögel, fliehen sowohl große Wärme als Kälte, und namentlich ist ihnen die letztere zuwider. Wenn wir daher die nördlichsten Punkte, an denen diese Thiere sich zeigen, durch Linien verbinden, so fällt die so gebildete Gränze ihres Verbreitungsbezirktes sehr nahe mit den Isochimenen zusammen. Dieses zeigt sehr deutlich die von E. Ritter gezeichnete Charte über die Verbreitung der gezähmten und wilden Säugethiere in Europa. So gedeiht z. B. in Schweden das Elensthier noch in einer Breite von 65° , aber im Innern Sibiriens wird es kaum nördlich von 55° getroffen.

Eben so auffallend zeigen uns dieses die Pflanzen, aber bei Betrachtung dieser Verhältnisse müssen wir die perennirenden oder mehrjährigen von denen unterscheiden, welche sich im Laufe eines Jahres aus Saamen vollständig entwickeln und nach der Reife des Saamens sterben. Perennirende Gewächse können der Kälte nur bis zu einem gewissen Grade Widerstand leisten, und sind sie zugleich so beschaffen, daß nur kurze Zeit zur Entwicklung der Blüthe und dem Reifen des Saamens erforderlich ist, dann treffen wir sie an der Küste des atlantischen Meeres in sehr bedeutenden Breiten, während sie im Innern des Landes sich nur bis zu Punkten zeigen, welche weit südlicher liegen. So zeichnet sich das südliche England, namentlich die Gegend von Penzance, dadurch aus, daß mehrere Culturpflanzen, wie Myrthen, Camellien, Fuchsen und Buddlejen den ganzen Winter im Freien ausdauern können, während der Sommer freilich nicht immer genügt, um reife Früchte zu erzeugen, was bei diesen Pflanzen wegen ihrer Verbreitung durch Stecklinge auch weniger nöthig ist. Ganz dasselbe gilt vom Departement Finistère in Frankreich. Eben dieses zeigen wildwachsende Pflanzen. So gedeiht die Buche (*Fagus sylvatica*) in Norwegen noch in der Breite von 59° , ihre Polargränze liegt an der Westküste Schwedens in 58° , in Småland in 57° , und an der Ostküste in der Gegend von Calmar; in Litthauen liegt sie zwischen 54 bis 55° , in den Karpathen in etwa 49° , und in den Gebirgen der Krimm in etwa 45° . Die schöne Stechpalme (*Ilex aquifolium*), welche in Norwegen und Schottland noch in bedeutenden Breiten vorkommt, ist in der Gegend von Berlin und Halle mehrmals im Winter erfroren.

Völlig ähnliche Verhältnisse zeigen mehrere Arten von *Erica*, *Betula alnus*, *Populus nigra*, *Syringa vulgaris*, *Hedera helix*, *Viscum album*, *Berberis vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* u. s. w.

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse von einjährigen Gewächsen, und unter diesen verdienen besonders die Getreidearten unsere Beachtung. Mögen die Winter kalt oder warm seyn, sie haben wenig Einfluß darauf, wichtiger für sie ist die Temperatur derjenigen Periode, während welcher sie sich entwickeln; daher laufen ihre Polargränzen nahe mit den Isotheren parallel. Im Innern von Norwegen und Lappland kann noch in einer Breite von 70° Getreide gebaut werden, was an der Meeresküste erst mehrere Grade weiter südlich möglich ist. Aber weiter gegen Osten sinkt die Gränze nach Süden, und in Sibirien werden die Cerealien nicht mehr nördlich von 60° gebaut. Eine völlig ähnliche Biegung zeigt uns die Polargränze des Mais in Frankreich. An der Küste des atlantischen Meeres liegt sie südlich von Rochelle in 45° 30', berührt aber den Rhein zwischen Straßburg und Mannheim in etwa 49° nördlicher Breite.

Selbst perennirende Culturgewächse, welche sich vor der strengen Kälte des Winters schützen lassen, aber zu ihrem Gedeihen warme Sommer verlangen, zeigen an der Westküste Europas eine von den Isotheren abhängige Gestalt ihrer Polargränze. So kann der Wein im westlichen Frankreich nicht mehr nördlich von 47° 30' mit Vortheil gebaut werden, aber schon im Innern des Landes geht die Gränze bis 49° und erreicht den Rhein nördlich von Coblenz in 50° 20'. Dann aber hält sich diese Gränze in Deutschland sehr nahe in 51° und scheint bedeutend nach Osten hin in dieser Polhöhe zu bleiben.

Mittlere Temperatur der Erde.

Ehe ich die Gesetze für die Vertheilung der mittlern jährlichen Temperatur auf der Erde mittheile, will ich in folgender Tafel die Wärme von verschiedenen Orten, im Mittel des Jahres, des Winters und des Sommers angeben. Für viele dieser Orte finden sich die Temperaturen der einzelnen Monate nebst mehreren näheren Bestimmungen in meinem Lehrbuche der Meteorologie. Die Längen dieser Orte sind östlich oder westlich vom Meridiane zu Greenwich, die Höhen über dem Meere in Toisen

ausgedrückt; wo dafür keine Bestimmung gegeben ist, liegen die Orte wenig über dem Meere.

Ort	Breite	Länge	Meeres- Höhe	Jahr	Winter	Sommer
Melville's Insel	74° 45' N	110° 40' W	...	-17,0	-33,8	3,1
Bahen Bowen	73. 14 N	88. 55 W	...	-15,7	-31,7	2,4
Boothia	69. 59 N	92. 1 W	...	-15,1	-32,8	3,3
Anglootk-Insel	69. 20 N	81. 40 W	...	-13,9	-26,5	1,8
Winter-Insel	66. 12 N	83. 10 W	...	-12,5	-29,0	2,0
Fort Reliance	62. 46 N	109. 1 W	...	-10,2	-29,1	5,0
Rishni Kolyma	68. 18 N	163. 18 W	...	-10,0	...	...
Sakut	62. 2 N	129. 7 W	58	-10,0	-37,4	16,2
Felsen-Bai (Kos- vaja Semlja)	70. 37 N	57. 47 W	...	-9,4	-16,0	2,0
Matotschkin-Schar,						
dieselbst	73. 15 N	54. 30 W	...	-8,4	-19,0	3,6
Main, Labrador	57. 0 N	61. 20 W	...	-3,6	-18,5	7,6
Enontetis, Lappland	68. 30 N	20. 47 W	226	-2,9	-17,6	12,8
Lobolst	53. 12 N	68. 6 W	50	-2,4	...	...
St. Bernh. Kloster	45. 15 N	7. 3 W	1278	-1,1	-8,0	5,9
St. Gotthard	46. 30 N	8. 3 W	1073	-1,0	-7,8	7,1
Sakut	52. 10 N	129. 7 W	225	-0,2	-17,9	16,0
Kord-Cap, Mageröe	71. 10 N	26. 1 W	...	0,1	-4,6	6,4
Gyaford, Island	66. 30 N	...	...	0,2	-6,2	7,7
Glatouft	55. 8 N	59. 20 W	185	0,5	-16,5	16,1
Uleo	65. 0 N	25. 30 W	...	0,7	-11,1	14,3
Barnaul	53. 20 N	83. 70 W	61	1,7	-14,1	16,6
Petropaulowsk,						
Kamttschka	53. 0 N	158. 8 W	...	2,0	...	...
Petersburg	59. 56 N	30. 18 W	...	2,8	-3,7	16,0
Kasan	55. 44 N	49. 30 W	30	2,2	-13,7	17,3
Moskau	55. 47 N	37. 33 W	59	3,3	-10,2	17,5
Iuluf, Unalaska	53. 53 N	163. 20 W	...	4,0	-0,1	10,5
Ubo	60. 27 N	22. 17 W	...	4,6	-5,8	16,1
Fort Brady	46. 39 N	84. 43 W	93	4,9	-7,0	17,3
Söndmör, Bergens						
Stift	62. 30 N	5. 18 W	...	5,3	-2,7	13,3
Christiania	59. 55 N	10. 49 W	...	5,3	-3,7	15,8
Upsala	59. 52 N	17. 39 W	...	5,4	-4,0	15,8
Fort Sullivan,	44. 44 N	67. 4 W	...	5,4	-5,2	15,5
Maine						
Stockholm	59. 21 N	18. 4 W	50	5,6	-3,7	16,3
Königsberg	54. 42 N	20. 29 W	...	6,5	-3,3	15,9
Neu-Archangelst,						
Sitka	57. 0 N	135. 37 W	...	7,1	...	...
Unst, Schettl. Inf.	60. 42 N	0. 51 W	...	7,5	4,1	11,9
Danzig	54. 21 N	18. 21 W	...	7,6	-1,1	16,6
Copenhagen	55. 41 N	12. 35 W	...	7,7	-0,9	17,2
Berlin	52. 33 N	13. 22 W	17	8,1	-1,0	17,2
Augsburg	48. 21 N	10. 53 W	244	8,1	-1,1	16,3
Bergen	60. 24 N	5. 18 W	...	8,2	2,2	14,8
Kremsmünster	48. 3 N	14. 10 W	181	8,3	-1,9	17,6
Nenrade	55. 3 N	9. 26 W	4	8,3	0,7	16,2
Dresden	51. 3 N	13. 45 W	60	8,3	-1,2	17,2

Ort	Breite	Länge	Meeres- Höhe	Jahr	Winter	Sommer
Edinburg	55° 50' N	3° 10' W	...	8,4	8,5	14,1
Falklands-Inseln	51. 0 S	66. 0 W	...	8,5	4,4	11,8
Cuxhaven	53. 21 N	8. 43 D	...	8,6	0,5	16,5
Utica, Neu-York	43. 6 N	75. 12 W	76	8,6	- 2,9	20,1
Tübingen	48. 31 N	9. 8 D	168	8,7	0	17,0
Aberdeen	57. 8 N	1. 55 W	8	8,7	3,4	14,6
Sagan	51. 42 N	15. 40 D	64	8,8	- 2,6	18,2
Regensburg	49. 1 N	12. 6 D	173	8,6	- 1,5	17,9
Zürich	47. 23 N	8. 32 D	225	8,9	- 0,9	17,9
Hamburg	53. 33 N	9. 58 D	...	8,9	0,4	19,0
Göttingen	51. 32 N	9. 47 D	69	9,1	0,6	17,6
Basel	47. 34 N	7. 32 D	141	9,1	- 0,2	17,6
Fort George, Co-						
lumbiafluß	46. 18 N	123. 0 W	...	9,3	3,7	15,5
Widdelburg	51. 30 N	4. 35 D	13	9,3	1,9	16,9
Nicolaieff	46. 58 N	32. 0 D	20	9,4	- 3,9	22,4
Dublin	53. 21 N	6. 19 W	...	9,6	4,0	15,3
Boston, Massachu-						
setts	42. 21 N	71. 4 W	...	9,6	- 1,4	21,0
Genf	46. 12 N	6. 9 D	202	9,7	0,9	18,4
London	51. 31 N	0	27	9,8	3,2	16,7
Frankfurt a. M.	50. 7 N	8. 35 D	38	9,8	1,4	18,3
Strasburg	48. 35 N	7. 45 D	72	9,9	1,3	18,1
Prag	50. 6 N	14. 25 D	127	10,0	- 0,4	19,9
Council Bluffs	41. 25 N	95. 43 W	125	10,2	- 4,6	23,8
Mannheim	49. 29 N	8. 27 D	43	10,3	1,5	19,5
Carlsruhe	49. 1 N	8. 25 D	60	10,3	1,3	18,9
Wien	48. 12 N	16. 22 D	75	10,4	0,2	20,4
Ofen	47. 30 N	19. 3 D	80	10,5	- 0,4	21,2
Paris	48. 50 N	2. 20 D	20	10,8	3,6	18,0
Fort Vancouver,						
Columbiafluß	45. 36 N	121. 25 W	...	10,8	3,7	18,4
Penzance	50. 11 N	5. 33 W	...	11,2	7,0	15,8
Pobart-Town, van						
Diemens Land	42. 53 S	147. 35 D	...	11,3	5,6	17,2
Fort Columbus	40. 42 N	74. 2 W	...	11,4	- 0,2	22,6
Sevastopol, Krimm	44. 35 N	33. 32 D	...	11,7	1,6	22,4
Rochelle	46. 9 N	0. 58 W	...	11,7	4,8	19,2
Marietta, Ohio	39. 36 N	81. 40 W	100	11,9	1,3	22,2
Padua	45. 24 N	11. 53 D	...	12,3	1,7	23,1
Mailand	45. 28 N	9. 11 D	...	12,9	2,4	22,3
Dotacamund, Pin-						
dostan	11. 35 N	76. 45 D	1151	14,2	11,8	14,9
Triest	45. 46 N	13. 46 D	...	14,6	5,7	23,6
Marseille	43. 18 N	5. 22 D	...	14,6	7,3	22,7
Rom	41. 54 N	12. 28 D	...	15,5	8,3	22,8
Luito	0. 13 S	78. 45 W	1495	15,6	15,6	15,6*)
Lissabon	38. 43 N	9. 8 W	36	16,3	11,4	21,6
Palermo	38. 7 N	13. 22 D	...	16,8	11,3	22,0
Buenos Ayres	34. 36 S	58. 24 W	...	17,0	...	...

Ort	Breite	Länge	Meeres- Höhe	Jahr	Winter	Sommer
Canca, Creta	35° 29' N	19° 32' D	...	17,9	12,1	25,2
Paramatta, Neu-						
Süd-Wales	34. 6 S	151. 14 D	...	18,0	12,8	23,0
Cappadt	33. 55 S	19. 22 D	...	19,2	14,8	23,5
Fort Johnston	34. 0 N	78. 5 W	...	19,2	11,3	26,7
Bermudische Inseln	32. 15 N	64. 50 W	...	19,7	15,1	24,0
Funchal, Madera	32. 38 N	16. 5 W	...	19,8	17,5	22,0
Cant. Jesup	31. 30 N	93. 47 W	...	20,1	11,9	28,4
Lunis	36. 48 N	10. 11 D	...	20,1	12,6	28,3
Cant. Clinch	30. 24 N	87. 14 W	...	20,3	11,9	27,7
Algier	36. 47 N	2. 15 D	...	20,3	16,5	26,7
Sta. Cruz, Teneriffa	28. 28 N	16. 16 W	...	21,6	18,1	24,8
Fort King, Florida	29. 3 N	82. 15 W	...	21,7	16,6	27,8
Caico	30. 3 N	31. 18 W	...	22,0	14,5	29,5
Macao, China	22. 10 N	113. 32 D	...	22,2	15,2	28,2
St. Augustine, Flo-						
rida	29. 50 N	81. 27 W	...	22,3	15,3	28,2
Randy, Ceylon	7. 17 N	80. 49 D	263	22,8	22,1	22,9
Canton, China	23. 7 N	113. 14 D	...	23,1	17,2	28,2
Rio Janeiro	22. 56 S	43. 16 W	...	23,4	20,7	26,1
Hawaii, Sandwichs-						
Insel	19. 30 N	155. 30 D	...	24,0	21,7	25,7
Poonah, Hindostan	18. 31 N	74. 6 D	185	24,9	21,5	26,1
Bra Cruz, Mexico	19. 12 N	96. 1 W	...	25,0	21,6	27,7
Abuscher, Persi-						
sche Meerbusen	28. 15 N	50. 54 D	...	25,0	16,5	33,3
Seringapatam,						
Hindostan	12. 25 N	76. 42 D	377	25,2	22,9	24,7
Key-West, Florida	24. 34 N	82. 53 W	...	25,2	22,6	28,7
Benares	25. 30 N	83. 1 D	50	25,5	17,0	30,4
Habannah, Cuba	23. 9 N	82. 23 W	...	25,5	22,0	28,5
Port Louis, Isle						
de France	20. 10 S	57. 28 D	...	25,7	23,0	28,5
Malacca, Gesell-						
schafts-Inseln	16. 40 S	151. 30 W	...	25,8	25,2	26,4
Bancoorah, Pin-						
dostan	23. 20 N	87. 12 D	34	26,0	20,6	28,9
Calcutta	22. 35 N	88. 30 D	...	26,4	19,5	28,5
Bombay	18. 58 N	72. 38 D	...	26,5	23,1	28,0
Anjaracondy, Küste						
Malabar	6. 57 N	80. 0 D	...	27,2	26,6	27,5
Colombo, Ceylon	14. 11 N	28. 8 D	?	27,2	26,4	27,4
Gobbe, Darfour	8. 30 N	...	...	27,2	26,2	27,4
Sierra-Leones-Küste						
St. Thomas, Jung-	18. 22 N	64. 59 W	...	27,3	26,6	28,2
frau-Inseln	21. 9 N	79. 11 D	...	27,5	22,7	32,9
Magpoor, Hindostan						
Trincomale, Cey-						
lon	8. 32 N	81. 12 D	...	27,6	25,7	28,4
Gumana	10. 28 N	64. 15 W	...	27,6	...	...
Madras	13. 5 N	80. 25 D	...	27,6	25,0	30,1
la Guayra	10. 37 N	66. 58 W	...	28,1	...	...
Rouka, Bornu	13. 10 N	...	200	28,7	24,7	32,6
Maracaybo	10. 42 N	71. 15 W	...	29,2	...	...

*) Wärmster Monat, September mit 16,30; kältester, Januar mit 14,85.

Ungleichheit der Temperatur bei gleicher Polhöhe.

Betrachten wir die obige Tafel aufmerksamer, so zeigt sich, daß zwar im Allgemeinen die Wärme eines Ortes mit seiner Entfernung vom Aequator geringer wird, daß aber seine Temperatur nicht bloß von der geographischen Breite, sondern auch zugleich von seiner Länge abhängt. Vergleichen wir Orte, welche nahe einerlei Abstand vom Aequator und Höhe über dem Meere haben, so tritt dieses sehr deutlich hervor. So haben z. B. Fort Sullivau im Staate Maine und Stockholm sehr nahe dieselbe Temperatur von $5\frac{1}{2}^{\circ}$, aber der Unterschied ihrer Polhöhen beträgt fast 15° . Dieselbe Temperatur von etwa $9\frac{1}{2}^{\circ}$ wird im Fort George an der Mündung des Columbiaflusses an der Westküste Nordamericas, in Boston in Massachusetts, in Dublin, Widdelburg und Nicolaieff am schwarzen Meere angetroffen, sie zeigt sich also an der Westküste von America in einer Breite von $46\frac{1}{2}^{\circ}$, an der Ostküste in $42\frac{1}{2}^{\circ}$, in Irland in $53\frac{1}{2}^{\circ}$ Grad; hier aber scheint auch die Polhöhe, in welcher diese Temperatur gefunden wird, am größten zu seyn, denn wenn wir ins Innere Europas gehen, so wird sie kleiner, sie beträgt in Widdelburg nur $51\frac{1}{2}^{\circ}$, in Nicolaieff nur 47° , und hätten wir im Innern Asiens Punkte, an denen dieselbe mittlere Wärme Statt fände, so würden diese noch näher am Aequator liegen.

Wir sehen demnach, daß dieses Element nicht allein von dem Winkel abhängt, unter welchem im Allgemeinen die Sonnenstrahlen auf die Oberfläche der Erde treffen, denn sonst wäre es nicht einzusehen, weshalb die Westküste Americas kälter als die Ostküste, das westliche Europa dagegen ungewöhnlich warm wäre, und weshalb die Wärme von hier aus nach dem Innern des Continents abnähme. Es ist schon oben (S. 34.) von dieser Verschiedenheit im Allgemeinen die Rede gewesen, und es kommt gegenwärtig darauf an, die dort angedeuteten Ursachen näher zu betrachten.

Physikalische Ursachen der Temperaturverschiedenheit.

Die wichtigste, theils mittelbar, theils unmittelbar wirkende Ursache dieser Wärmeungleichheit bei gleicher Polhöhe sind die Winde, und die Verfolgung ihres Einflusses giebt uns eine Bestätigung dessen, was ich mehrmals erwähnt habe, daß eine Bestätigung dessen, was ich mehrmals erwähnt habe, daß nämlich in der Atmosphäre kein Phänomen isolirt stehe, sondern daß zwischen den Erscheinungen ein inniger Zusammenhang Statt finde, daß diejenige, welche so eben Ursache einer vorhergehenden Erscheinung war, jetzt die Ursache für die folgenden wird.

Wäre die Erde vollkommen eben und bestände ihre Oberfläche entweder ganz aus Festland, oder wäre sie mit einem großen Meere bedeckt, dann würden wir wahrscheinlich in einerlei Breite auch dieselbe Temperatur antreffen. Jedoch zeigt eine nähere Betrachtung des Phänomens, daß die Wärme sich vom Aequator nach den Polen in einem andern Verhältnisse ändern müßte, als es die Sonnenhöhe erfordert. Denn da unaufhörlich die Passate nach den Aequinoctialgegenden Luftmassen aus höheren Breiten herbeiführen, so theilen diese den Gegenden, in denen sie ankommen, einen Theil ihrer geringern Wärme mit, und die Länder am Aequator haben deshalb eine Temperatur, welche kleiner ist, als es bei völliger Ruhe des Luftmeeres der Fall seyn würde. Die nördlicher liegenden Länder dagegen, in denen der vom Aequator kommende obere Südwestwind herabsinkt (S. 58.) erhalten einen Theil der von ihm mitgebrachten Wärme, und so wird ihre Temperatur erhöht; die vorhandenen Erfahrungen bestätigen diese Folgerung auf eine entschiedene Weise. Wenn man nämlich eine Reihe von Orten etwa in demselben Meridiane nimmt, deren Breite aber große Verschiedenheiten zeigt und nun aus ihnen das mathematische Gesetz ableitet, welches die Verbindung zwischen Temperatur und Polhöhe ausdrückt, so findet man zwar im Allgemeinen eine ziemliche Uebereinstimmung zwischen den so berechneten und den durch Beobachtung gegebenen Größen; so wie jedoch diese Formel alle Orte umfassen soll, welche zwischen Aequator und Pol liegen, so finden wir Abweichungen, die wir nicht bloß von Fehlern der Instrumente oder zufälligen Ungleichheiten einzelner Jahre herleiten dürfen. Für

die Gegenden am Aequator nämlich giebt ein solcher Ausdruck Werthe, welche größer sind als die beobachteten, in höheren Breiten dagegen finden wir zu kleine Werthe, beides offenbar, weil jene Gegenden durch die Passate erkaltet, diese durch die Südwestwinde erwärmt werden.

Die Verschiedenheit der mittlern Temperatur bei einerlei Breite aber wird vorzugsweise durch die Vertheilung von Land und Wasser auf der Erdoberfläche bedingt. Die große Wärmecapacität des Wassers (S. 14.) ist Ursache, daß die beiden Meere, welche sich zwischen den großen Ländermassen unserer Erde von Pol zu Pol erstrecken, im Sommer kälter, im Winter dagegen wärmer sind als das Land, und daher werden die westlichen Seewinde, deren Häufigkeit im Sommer nicht so groß ist als im Winter (S. 65.), in der letztern Jahreszeit den westlichen Küsten der Continente eine höhere Temperatur mittheilen, was auch die Erfahrung bestätigt; dann, wenn eben diese Winde tiefer ins Innere des Landes dringen, haben sie bereits einen Theil ihrer Wärme verloren. Ganz vorzüglich wird dieses dann der Fall seyn, wenn diese südwestlichen Winde in der Nähe der Küste steile Bergketten antreffen, daher haben Schottland und noch mehr Norwegen eine so hohe Temperatur, wie wir sie nirgend auf der Erde bei einerlei Breite antreffen.

Zu dieser Wärme der südwestlichen Winde kommt noch ihre Feuchtigkeith. Im Winter besonders fast ganz mit Dämpfen gesättigt, sind sie Ursache des fast anhaltend trüben Himmels im westlichen Europa und America, sie verhindern nicht bloß die Erkaltung durch Verdunstung und Strahlung, sondern die Dämpfe geben zugleich ihre vorher gebundene Wärme her, während dann gleichzeitig im Innern der Länder der heitere Himmel die Wärmestrahlung und damit die Erkaltung begünstigt. Hiefür aber liefert der Sommer keinen hinreichenden Ersatz. Wäre nämlich in dieser Jahreszeit der Himmel in Vergleich mit den westlichen Küstengegenden eben so oft heiter als im Winter, so würde die Sonne alsdann desto mächtiger einwirken; so aber finden wir wenigstens im Innern von Europa vorzugsweise Sommerregen, der Himmel ist oft trübe, und somit liefert die warme Jahreszeit keinen Ersatz für die Winterkälte, es wird also die

jährliche mittlere Temperatur geringer im Innern des Landes als an den westlichen Küsten.

Ganz etwas Aehnliches gilt von den Ostküsten. So ist Kamtschatka wärmer als Sibirien, Neu-York wärmer als Orte am Mississippi, jedoch sind die östlichen Küsten in höheren Breiten stets kälter als die östlichen. Zeigt sich einerseits in der Temperaturerhöhung der Einfluß des benachbarten Meeres, so giebt sich die Wirkung des Festlandes in der geringern Wärme der östlichen Küsten zu erkennen. Denn die Südwestwinde, welche besonders im Winter über große Festländer gegangen sind, kommen trocken nach den Küstengegenden, und so erkaltet der Boden durch Strahlung bei dem öfter heitern Himmel.

Müssen sich demnach Temperaturdifferenzen wie die eben betrachteten schon dann zeigen, wenn die Meere vollkommen in Ruhe sind, so müssen sie noch auffallender hervortreten, wenn Meeresströmungen zugleich diese Vertheilung begünstigen. Dieses findet besonders an beiden Rändern des atlantischen Meeres Statt, und hierin müssen wir einerseits die ungewöhnlich hohe Temperatur des westlichen Europa, andererseits manche Eigenthümlichkeiten in der Vertheilung der Wärme an Americas Ostküste suchen.

Indem nämlich der Passat auf dem atlantischen Meere mit Regelmäßigkeit weht, treibt er eine große Wassermasse nach Westen; dieser westliche Strom wird immer breiter, bis er sich bei dem Vorgebirge St. Roque in zwei Arme theilt, von denen der eine nach Süden, der andere nach Norden neben Americas Ostküste fortläuft. Der letztere Arm geht nach dem Meerbusen von Mexico und strömt von hier mit ungeheurer Schnelligkeit in den Bahama-Canal, und von hier geht das Wasser unter dem Namen des Golfstromes nach Norden. In diesem engen Canale durchläuft er etwa 80 Seemeilen während des Tages. Diese Wassermasse, welche lange Zeit der Einwirkung der tropischen Sonne ausgesetzt war, hat bei ihrem Austritte aus dem mexicanischen Meerbusen eine Wärme von mehr als 27 Grad. Nachdem der Strom neben der Ostküste Americas fortläuft, erhält er eine größere Breite, dabei aber nimmt zugleich seine Geschwindigkeit ab. Zwischen Capo Viscaïno und der Bank von Bahama beträgt die Breite etwa 12 deutsche Meilen, steigt aber schon in der Parallele von Charlestown, dem Cap Penlopen gegenüber

zu mehr als 30 Meilen. Dabei vermindert sich die Geschwindigkeit so sehr, daß sie im Durchschnitte dem Cap Hatteras in Nord-Carolina gegenüber 60 bis 70 Seemeilen beträgt.

Bei dieser Bewegung nach Norden ändert der Golfstrom zugleich seine Richtung. Die Küsten von Georgia und Nord-Carolina lenken ihn nach NO; in dieser neuen Richtung geht er neben dem Cap Hatteras vorbei, und ohne Hindernisse setzt er seinen Lauf fort, bis er zu der Georgs-Bank, östlich von Nantucket kommt. Hier in der Breite von $49\frac{1}{2}$ Grad und der westlichen Länge von 65 Grad hat er eine Breite von etwa 60 deutschen Meilen, aber nun wendet er sich plötzlich nach Osten, so daß sein westlicher Rand die nördliche Gränze des fließenden Wassers wird, und an der großen Bank von Neu-Fundland vorbeistreicht. Diese Gränzen hängen jedoch zum Theil von den Jahreszeiten ab. Wenn im Herbst in diesen Gegenden schwere Stürme aus N und NW wehen, dann wird in dem Raume zwischen dem Cap Race in Neu-Fundland und der westlichen Gränze des Stromes eine große Masse Wasser angehäuft, welche den Strom früher nach Osten ablenkt. Von hier geht der Strom nach O oder OSO bis zu den Azoren, aber hier beträgt seine Breite etwa 100 bis 120 deutsche Meilen, und seine Geschwindigkeit ist bis auf etwa 30 Seemeilen während des Tages herabgesunken. Weniger regelmäßig bewegt sich das Wasser nun nach Süden neben den Küsten Africas vorbei, um seinen Kreislauf aufs Neue zu beginnen, jedoch beträgt die Schnelligkeit des Guineastromes etwa 25 Seemeilen während des Tages.

Ein weniger kenntlich hervortretender und zum großen Theile von den Winden abhängiger Theil dieses Stromes trennt sich in etwa 45 bis 50 Grad nördlicher Breite, nahe bei der Bank von Bonnet-Flamand und bewegt sich gegen Europa. Dieser Strom erreicht besonders dann eine große Kraft, wenn die Westwinde lange Zeit hindurch vorherrschen. Jährlich bringt derselbe nach den westlichen Küsten von Irland und Norwegen Früchte von Bäumen, welche der heißen Zone von America angehören. An den westlichen Küsten der Hebriden findet man häufig die sogenannten moluckischen Bohnen, Saamen von *Dolichos ureus*, *Guilandina Bonduc*, *G. Bonducella*, *Mimosa scandens* und anderen Pflanzen aus Jamaica, Cuba und dem benach-

barten Continente. Eben dieser Strom bringt dahin öfter americanische Schildkröten, so wie wohl erhaltene Fässer mit Franzwein, Ueberreste von Schiffen, welche im Antillen-Meere zu Grunde gingen.

Eben diese Westwinde, welche den Golfstrom bis in die Nähe Europas bringen, erzeugen neben Frankreich einen localen Strom, den wir in neueren Zeiten durch die Arbeiten von Kennell kennen gelernt haben und welcher seinen Namen von diesem ausgezeichneten Geographen hat. Diese Winde treiben das Wasser an dem Nordrande Spaniens tief in den Golf von Biscaya, das dann neben Frankreich nach Norden strömt, bei England aber sich sehr ausbreitet und so an Geschwindigkeit verliert, daß der Strom bei der veränderlichen Windrichtung nur mit Mühe zu erkennen ist.

Indem sich der Golfstrom als ziemlich scharf begränzte Wassermasse mitten durch das atlantische Meer bewegt, behält er seine ursprüngliche hohe Temperatur lange Zeit bei. Schon Franklin und Blagden empfahlen im Jahre 1780 den Schiffen den Gebrauch des Thermometers, um zu erfahren, ob sie sich in ihm befänden, und alle späteren Untersuchungen haben diese hohe Temperatur erwiesen. So hatte nach den Erfahrungen von Humboldt das Meer in der Breite von 40 bis 41° eine Wärme von 22°,5, während dieselbe außerhalb des Stromes kaum 17°,5 beträgt. Als Sabine in der Breite von 36° 14' N und der westlichen Länge von 72° am 5ten December zwischen 10 Uhr Morgens und Mittag den Strom verließ, sank die Temperatur des Meeres während einer Zeit von 2 Stunden von 23°,3 bis 16°,9, also fast um $6\frac{1}{2}$ Grad, ohne daß die Tiefe des Meeres sich bedeutend verändert hätte. Daß demnach die Wärme der Luft auf diesem Strome ungewöhnlich hoch seyn müsse, bedarf wohl kaum eines Beweises, auch deuten die vorerwähnten Beobachtungen dieses auf eine bestimmte Weise an.

Durch diese Ströme wird die Temperatur an beiden Rändern des atlantischen Meeres bei einerlei Polhöhe sehr ungleich. In niederen Breiten nämlich haben wir neben Florida einen von Süden nach Norden laufenden warmen Strom, über welchen die Passate fortwehen, dagegen über Africa einen von Norden kommenden, also kältern Strom. Daher ist Florida bei gleicher

Breite 1 bis 2° wärmer als die Canarischen Inseln. Nehmen wir die Gegenden außerhalb der Region der Passate, so haben beide Küsten etwa dieselbe mittlere Wärme, bis sich endlich in der Breite von einigen dreißig Graden eine große Ungleichheit zu erkennen giebt; die Wärme an Americas Ostküste nimmt mit der Entfernung vom Aequator weit schneller ab, als die von Europa. Die schnelle Abnahme zeigt sich besonders da, wo der Golfstrom sich von dem neuen Continent entfernt, worauf sie in höheren Breiten wieder langsamer wird. Stellen wir z. B. die Polhöhen zusammen, in denen wir mittlere Temperaturen von 25°, 20° ... finden, so geben die vorhandenen Messungen folgende Größen:

Wärme	Küste von America	Küste von Europa	Norwegen
25°	24° 21'	18° 49'	....
20	32. 20	31. 27	....
15	38. 24	41. 33	....
10	41. 30	52. 3	....
5	44. 51	60. 7	63° 25'
0	51. 57	66. 48	70. 56

Die in höheren Breiten vorherrschenden südwestlichen Winde, welche nach Europa eine Luftmasse bringen, die einen Theil von der großen Wärme des Golfstromes erlangt hat, sind Ursache, daß das westliche Europa, besonders Norwegen, so warm ist, daß die Temperatur des Gefrierpunktes, welche wir in America bereits in der Breite von 52 Graden treffen, in Norwegen erst in Gegenden liegt, welche fast 20° nördlicher liegen, also in Breiten, welche an der Ostküste Americas eine Temperatur von nahe — 10°, im Innern dieses Landes von nahe — 15° haben.

Ist nun gleich die Westküste Americas ebenfalls bedeutend wärmer als die Ostküste beider Continente, so hat sie doch keine so hohe Temperatur als das westliche Europa, welches zum Theil in den Meeresströmungen liegt. Der Aequatorialstrom hat hier bei seiner Bewegung nach Westen eine sehr große Breite, jedoch erleidet er an den vielen kleinen Inseln, welche in diesem Meere zerstreut sind, viele locale Störungen, im westlichen Theile finden wir zwischen Neu-Holland und den Philippinen Ströme, welche ihre Richtung im Laufe des Jahres mit den Moussons

ändern, und nur neben Japan läuft ein Strom nach Nordosten, welcher weder die Stärke noch die große Ausdehnung des Golfstromes hat und sich ohne bestimmte Richtung verliert. Jedoch treiben die südwestlichen Winde Wassermassen gegen America, wie besonders daraus hervorgeht, daß man bei Alaska und Californien Ueberreste japanischer Schiffe gefunden hat, aber nie erreicht das Meer hier die hohe Temperatur als in der Mitte des atlantischen Meeres, wenn man zugleich dabei den Golfstrom berücksichtigt. Vermögen deshalb auch die Süd-Westwinde die Temperatur von Kamtschatka und der Westküste Americas zu erhöhen, so sind diese Winde doch selbst nicht so warm, als die über den Golfstrom weggegangenen Luftmassen.

Temperatur des Aequators.

Wie bereits erwähnt worden ist, so geben die mathematischen Ausdrücke, welche entwickelt worden sind, um die Temperatur verschiedener Gegenden auszudrücken, für den Aequator in der Regel Größen, welche größer sind, als die wirklich beobachteten; wählen wir jedoch solche Orte, welche sich höchstens bis zum Wendekreise erstrecken, und leiten aus ihnen das Gesetz her, welches die Abhängigkeit der Temperatur von der Polhöhe an giebt, so wird das Endresultat wahrscheinlich wenig von der Wahrheit entfernt seyn. Es zeigt sich dabei zugleich sehr auffallend, wie die Wärme sich zwischen den Wendekreisen mit der Aenderung der Polhöhe weit langsamer ändert, als in höheren Breiten; die Ursache davon scheint nicht blos in der verhältnißmäßig geringen Aenderung der Sonnenhöhe, sondern in dem frühher erwähnten Einflusse der Passate und Meeresströmungen zu liegen. Während nämlich neben Americas Ostküste das warme Wasser des Aequators fortläuft und die nördlicher liegenden Punkte etwas erwärmt, finden wir neben Africas Westküste einen von Norden kommenden Meeresstrom, welcher die südlicher liegenden Punkte erkaltet. Eben so zeigt sich in Hindostan ein überwiegender Einfluß der Moussons; nur an der Westküste Südamericas scheint die Wärme sehr schnell abzunehmen, doch fehlt es uns hier eben so wie an der Ostküste des alten Continents an einer hinreichenden Anzahl von Beobachtungen, welche es uns

gestattete, mancherlei locale Verhältnisse mit hinreichender Schärfe zu erkennen.

Zuerst bestimmte Humboldt die Temperatur des Aequators genauer, indem er ihren Werth zu etwa $27\frac{1}{2}$ Graden angab. Suchen wir diese Größe in verschiedenen Gegenden auf, so ergeben sich folgende Größen:

Westküste Africas, nördliche Halbkugel	27°,85
Ostküste Americas, nördliche und südliche Halbkugel	27,74
Hindostan und Ceylon	27,29
Ostküste Asiens	27,66
Großer Ocean	27,27
Ostküste Americas	27,40

Im Mittel finden wir also $27^{\circ},55$, völlig mit dem von Humboldt gegebenen Resultate übereinstimmend. Doch gilt dieses nur von den Küsten. Im Innern Americas und Africas aber ist die Temperatur des Aequators etwas höher als an den Küsten; fehlt es uns darüber auch an umfassenden Messungen, so scheinen doch mehrere Umstände darauf zu deuten, daß das Innere Americas wärmer ist, als die Küsten desselben. Leider fehlt es uns jetzt an umfassenden Messungen auf den großen Ebenen, die sich in der Nähe des Aequators in Südamerica befinden, jedoch hat uns ein ausgezeichnete Reisender, Boussingault, eine Reihe von Bestimmungen in verschiedenen Theilen der Anden mitgetheilt; obgleich diese Orte bis zu Höhen von mehr als 10000 Fuß über dem Meere liegen, so können wir daraus doch annähernd diejenige Größe herleiten, welche hier in der Höhe des Meeres Statt finden würde. Auf diese Art finde ich mehr als 28 Grad*). Dabei aber zeigt sich sehr deutlich der Einfluß, welchen die äußeren Verhältnisse auf die mittlere Temperatur haben, denn bei einerlei Meeres- und Polhöhe sind hier die dürrn und trocknen Gegenden einen Grad oder noch mehr wärmer, als die vom häufigen Regen heimgesuchten Waldgegenden. Dort vermag die senkrecht stehende Sonne mit größerer Kraft einzuwirken, und wenn daher in der Nähe des Aequators große dürrn Ebenen vor-

*) Ausdrücklich bemerke ich, daß ich das Gesetz für die Abnahme der Wärme mit der Höhe aus diesen Messungen selbst hergeleitet habe.

kommen, so wiederholt sich diese lebhaftere Einwirkung auf einem großen Raume. Daher ist das Innere von Africa nebst den Ebenen des südlichen Asiens so warm. Die wenigen vorhandenen Messungen geben dem Aequator im Innern Africas eine Temperatur von $29^{\circ},2$, und dabei liegen die südlichen Orte noch in einer Höhe von mehr als 1000 Fuß über dem Meere, ohne daß ich die Größen gesucht habe, welche hier im Spiegel des Meeres Statt finden würden.

Beweisen diese Thatfachen einerseits den Einfluß von Land und Meer, so lassen sie zugleich unentschieden, ob die wärmsten Punkte der Erde in jedem Meridiane mit dem Aequator zusammenfallen. Abweichungen von mehreren Graden scheinen wegen der heftigen Regen, die der aufsteigende Luftstrom am Aequator veranlaßt, keinesweges unwahrscheinlich, aber die vorhandenen Messungen genügen noch nicht, ein Urtheil hierüber zu fällen, zumal da ein großer Theil derjenigen Größen, welche als mittlere Temperaturen angegeben werden, gewiß keine wahren Mittel sind, sondern noch einer größern oder geringern Correction bedürfen, wenn sie letztere ausdrücken sollen; rechnen wir dazu noch den Umstand, daß nur wenige Thermometer so beschaffen sind, daß ihre Angaben ganz mit denen eines vollkommenen Instruments übereinstimmen, so leuchtet von selbst ein, daß die Anzahl der Messungen sehr groß seyn muß, um über Punkte dieser Art zu entscheiden.

Ich hielt die letzteren Bemerkungen um so nöthiger, da Berghaus in der zweiten Abtheilung seines physikalischen Atlas eine Karte geliefert hat, auf welcher er alle diejenigen Punkte verbunden hat, deren Temperatur ein Maximum ist. Diese Linie, welche er den Wärme-Aequator nennt, läuft mit manchen Krümmungen in der Nähe des terrestrischen Aequators fort, ohne daß ich den Grund für manche dieser Biegungen zu erkennen vermag; denn manche der Messungen, welche der Verfasser bei der Construction derselben benutzte, scheinen keinesweges eine genauere Prüfung auszuhalten. So läuft z. B. dieser Wärmeäquator zwischen der hinterindischen Halbinsel Malacca und Sumatra, so wie nördlich von Java fort, so daß er hier einen Abstand von etwa 8 Grad vom Aequator erreicht, beide Aequatoren fallen aber an der Nordwestspitze von Neu-Guinea

wieder zusammen. Wie voreilig es aber ist, aus etwa einem halben Duzend von Messungen ein solches Resultat herzuleiten, beweisen diese Messungen selbst. Denn während wir z. B. für Batavia (Breite $6^{\circ} 9' S$) die Temperatur von $27^{\circ},7$ finden, soll in der Sundastraße ($6^{\circ} 0' S$) eine Wärme von $30^{\circ},2$ vorhanden seyn. Jedenfalls ist diese Verschiedenheit in einem so kleinen Raume völlig naturwidrig, und daraus etwas folgern zu wollen, heißt die allgemeinen Gesetze der Natur verkennen.

Isothermen.

Wenn wir auf einer Landkarte diejenigen Punkte mit einander verbinden, deren mittlere Temperatur gleich ist, so erhalten wir dadurch Linien, welche zuerst von Humboldt gezeichnet wurden und denen er den Namen Isothermen *) gab. Da jedoch die Wärme der Orte desto geringer wird, je weiter wir uns über dem Meere erheben, so müssen wir die Temperaturen auf das Niveau des Meeres reduciren, eine Reduction, über welche ich später sprechen werde. Durch diese Arbeit, einen der wichtigsten Beiträge, welche wir je über einen Gegenstand der Meteorologie erhalten haben, lernten die Physiker das Großartige der Gesetze der Wärmevertheilung kennen; seit der ersten Bekanntmachung dieser Arbeit ist die Zahl der Temperaturbestimmungen vielfach größer geworden; im Jahre 1831 versuchte ich es, eine neue Charte zu zeichnen, welche zwar im Allgemeinen mit der von Humboldt übereinstimmte, aber in einzelnen Punkten davon abwich. Die Thatfachen, welche ich seit jener Zeit kennen gelernt habe, stimmen damit im Allgemeinen überein, und nur im Innern der Continente und im hohen Norden ist eine geringe Aenderung nöthig geworden. Ich will hier die Resultate dieser Untersuchung angeben:

1) Die Punkte, welche in jedem Meridiane die höchste Temperatur besigen, scheinen nicht immer mit dem Aequator zusammenzufallen, sondern etwas von diesem entfernt zu seyn.

2) Der terrestrische Aequator hat an den Küsten der Meere eine Temperatur von etwa $27\frac{1}{2}^{\circ}$; an den Westküsten der beiden großen Continente scheint diese Temperatur etwas geringer, weil

kältere, von den Polen kommende Meeresströme durch ihre Kälte die Wärme dieser Gegenden etwas deprimiren. Im Innern der beiden Continente ist die Wärme des Aequators etwas höher als an den Küsten, es scheint die Regenmenge und die Bewölkung des Himmels geringer und dadurch die Einwirkung der Sonne mächtiger zu seyn. Dieser Einfluß des Landes scheint in America wegen der geringern Ausdehnung des Landes kleiner als in Africa, wo über der großen Sandwüste eine ungeheure Erwärmung der Luft Statt findet, welche dann ihren Einfluß auf die benachbarten Gegenden äußert. In Africa scheint die Temperatur des Aequators die Größe von 29° zu erreichen oder noch zu übersteigen.

3) Die Isotherme von 25° durchschneidet die Westküste Americas etwas nördlich von Acapulco, läuft durch Vera Cruz und nördlich von der Havannah (Temp. $25^{\circ},49$) fort; etwas östlich von dem Meridiane der Havannah erreicht die Isotherme einen nach Norden convergen Scheitel und senkt sich gegen die Westküste Africas, welche sie etwa in der Mitte zwischen dem weißen Vorgebirge und der Mündung des Senegal (18 bis 19° nördlicher Breite) erreicht. Von hier hebt sie sich schnell gegen Norden, läuft durch den nördlichen Theil des rothen Meeres und in der Nähe von Abusheher am persischen Meerbusen (Breite $28^{\circ} 15'$, Temp. $25^{\circ},03$) fort, und erreicht in dieser Gegend wahrscheinlich ihre größte Annäherung an den Pol. Denn weiter östlich senkt sie sich nach Süden und durchschneidet die Gruppe der Philippinen im nördlichen Theile der Insel Luzon in einer Breite von 16 bis 17° . (Manilla Breite $14^{\circ} 36'$, Temp. $25^{\circ},60$.)

4) Die Isotherme von 20° durchschneidet die Westküste Americas etwa in der Mitte von Alt-Californien (Breite 28° bis 29°), hebt sich dann etwas nach Norden und läuft nahe dem Aequator parallel, bis sie die Ostküste Americas in Süd-Carolina in etwa 32° nördlicher Breite durchschneidet (Fort Johnston, Breite $34^{\circ} 0'$, Temp. $19^{\circ},22$; Cantonment Jesup, Breite $31^{\circ} 30'$, Temp. $20^{\circ},12$), sie senkt sich dann sehr wenig nach Süden und läuft südlich von Bermuda (Breite $32\frac{1}{4}^{\circ}$, Temp. $19^{\circ},74$) fort, indem sie zwischen Madera und Teneriffa fortgeht (Funchal auf Madera Temp. $19^{\circ},78$, Sta. Cruz auf Teneriffa Temp. $21^{\circ},72$). In Africa sich schnell gegen Norden hebend, geht sie in der Nähe

*) Vom Griechischen *isos* gleich, und *thermos* warm.

von Algier und Tunis fort, scheint sich jedoch hier zugleich mit der Küste des Landes etwas nach Süden zu senken und zwischen Creta (Breite $35^{\circ} 29'$, Temp. $17^{\circ},94$) und Cairo (Breite $30^{\circ} 3'$, Temp. $22^{\circ},19$) fortzugehen. Es scheint wahrscheinlich, daß sie sich im Innern Asiens wieder etwas hebt, jedoch senkt sie sich gegen die Ostküste dieses Landes etwas und durchschneidet letztere nördlich von Formosa.

5) Die Isotherme von 15° durchschneidet die Westküste Nordamerica's in der Gegend des Hafens von San Francisco in Neu-Californien und scheint von hier ziemlich genau nach Osten zu laufen, bis sie in dem Staate Delaware eine Breite von 37 bis 38° erreicht (Fort Sabern, Breite $38^{\circ} 58'$, Temp. $13^{\circ},91$; Chapel Hill, Breite $35^{\circ} 54'$, Temp. $15^{\circ},66$; Nashville, Breite $36^{\circ} 5'$, Temp. $15^{\circ},43$). Von hier hebt sie sich allmählich nach Norden und erreicht die Westküste Europas etwa an der Gränze von Spanien und Portugal (Lissabon, Breite $38^{\circ} 43'$, Temp. $16^{\circ},34$), geht dann nördlich von Rom (Temp. $15^{\circ} 48'$) und durch den nördlichen Theil der Türkei fort. Die Ostküste Asiens erreicht diese Linie im südlichen Theile von Korea und Japan (Nangasacki, Breite $32^{\circ} 45'$, Temp. $16^{\circ},01$).

6) Die Isotherme von 10° durchschneidet die Westküste America's an der Mündung des Columbiaflusses (Fort George, Breite $46^{\circ} 18'$, Temp. $9^{\circ},29$; Fort Vancouver $45^{\circ} 36' N$, Temp. $10^{\circ},81$), senkt sich dann nach Südosten und geht durch den nördlichen Theil des Staates Ohio und erreicht etwa bei New-York die Küste des atlantischen Meeres (Kingston, New-York, Breite $41^{\circ} 55'$, Temp. $9^{\circ},97$; North-Salem, Breite $41^{\circ} 20'$, Temp. $10^{\circ},17$). Hier am westlichen Ufer des atlantischen Meeres hat die Isotherme von 10° auffallend einen gegen den Aequator convergen Scheitel, schnell hebt sie sich gegen Europa und läuft in der Nähe von London fort (London, Breite $51^{\circ} 31'$, Temp. $9^{\circ},83$; Dublin, Breite $53^{\circ} 21'$, Temp. $9^{\circ},56$). Hier im westlichen Europa aber erreicht diese Isotherme ihren nach Norden convergen Scheitel, denn bei ihrem weiteren Verlaufe senkt sie sich nach Süden, geht durch Böhmen (Prag, Breite $50^{\circ} 61'$, Höhe 100 Toisen, Temp. $9^{\circ},97$; Dresden, Breite $51^{\circ} 3'$, Höhe 60 Toisen, Temp. $8^{\circ},31$) und den nördlichen Theil des schwarzen Meeres (Nicolaiëff, Breite $46^{\circ} 58'$, Temp.

$9^{\circ} 43$; Sevastopol, Breite $44^{\circ} 35'$, Temp. $11^{\circ},67$). Die Ostküste Asiens durchschneidet diese Linie vielleicht im nördlichen Theile der japanischen Insel Nipon.

7) Die Isotherme von 5° durchschneidet die Westküste America's nördlich von Neu-Archangel'sk auf der Insel Sitka (Breite 57° , Temp. $7^{\circ},09$), jedoch scheint sie zu diesem Orte bereits aus einer südlicheren Lage gekommen zu seyn, da Iktuk auf der Insel Unalaska in der Breite von $53^{\circ} 53'$ nur eine Temperatur von $4^{\circ},03$ hat. Schnell senkt sie sich gegen Südosten, durchschneidet den Michigaan-See (Fort Brady, Breite $46^{\circ} 39'$, Höhe 93 Toisen, Temp. $4^{\circ},89$) und die Ostküste America's im Staate Maine (Eastport, Breite $44^{\circ} 54'$, Temp. $5^{\circ},43$; Hallowell, Breite $44^{\circ} 44'$, Temp. $4^{\circ},77$). Dann durch den südlichen Theil Neufundlands gehend, läuft sie nördlich von den Färöern fort und durchschneidet die Küste Norwegens etwa in der Gegend von Drontheim (Breite $63^{\circ} 26'$, Temp. $4^{\circ},48$). So wie sie über die scandinavischen Alpen gegangen ist, senkt sie sich nach Südosten, läuft nördlich von Christiania (Breite $59^{\circ} 55'$, Temp. $5^{\circ},33$) und Stockholm (Breite $59^{\circ} 21'$, Temp. $5^{\circ},64$), südlich von Moskau und Kasan fort und erreicht die Küste Asiens etwa in der Mitte der Kurilenkette.

8) Die Isotherme von 0° senkt sich aus dem nordwestlichen Theile von Nordamerica gegen Südosten, scheint durch den südlichen Theil des Winipeg-Sees zu gehen und den südöstlichen Winkel von Labrador zu durchschneiden. Von hier schnell nach Nordosten aufsteigend, durchschneidet sie die Nordspitze Norwegens (Nord-Cap, Breite $71^{\circ} 10'$, Länge $26^{\circ} 1'$, Temp. $0^{\circ},07$), senkt sich aber im Innern Lapplands schnell nach Süden, ja vielleicht der Bergkette parallel nach Südwesten (Enontekiä, Breite $68^{\circ} 30'$, Länge $20^{\circ} 47'$, Höhe 226 Toisen, Temp. $-2^{\circ},86$). Von hier läuft sie durch den nördlichen Theil des finnischen Meeresbusens, (Uleå, Breite $65^{\circ} 0'$, Temp. $0^{\circ},66$), läuft nördlich von Kasan, Slatoust (Breite $55^{\circ} 8'$, Höhe 185 Toisen, Temp. $0^{\circ},54$) und Vernal (Breite $53^{\circ} 20'$, Höhe 61 Toisen, Temp. $1^{\circ},73$) fort, hebt sich aber gegen die Ostküste Asiens hin nördlich und durchschneidet diese etwa in einer Breite von 56° in der Mitte von Kamtschatka (Petropaulowsk, Breite 53° , Temperatur $2^{\circ},04$).

Die bisher betrachteten Linien, welche ich auf Taf. V. gegeben habe, zeigen die schnelle Hebung von Americas Ostküste nach Europas Westküste sehr auffallend, zugleich fällt die schnelle Abnahme der Wärme in der Gegend auf, wo sich der Golfstrom schnell nach Osten bewegt. Zeichnen wir diese Linien nicht auf eine nach Mercator's Projection entworfene Karte, sondern auf einen Erdglobus oder eine Karte, in deren Mitte der Pol liegt, Taf. IV. Fig. 1., so laufen die eben betrachteten Linien rings um die ganze Erde. Bei den weiter nach Norden liegenden Isothermen ist dieses nicht mehr der Fall, sie bilden in jedem Continente besondere Systeme, höchstens würde sich noch die Isotherme von -5° mit schnell steigendem Scheitel in beiden Meeren den Polen nähern. Ich will hier noch kürzlich die wichtigsten Umriffe derselben angeben.

9) Die Isotherme von -5° tritt vielleicht westlich vom Mackenzieflusse schnell nach SO laufend ins Innere von Nordamerika, erreicht etwa 90° westlich von Greenwich ihren südlichsten Punkt, indem sie sich hier etwa in einer Breite von 52° zeigt; sich nun nach NO hebend, läuft sie durch den nördlichen Theil von Labrador (Main, Breite $57^{\circ} 30'$, Temp. $-3^{\circ} 24'$; Oskaf, Breite $57^{\circ} 0'$, Temp. $-3^{\circ} 62'$) und durchschneidet die Westküste Grönlands etwa in der Gegend des Polarkreises. Ein anderer Zweig dieser Linie tritt schnell von SO laufend zwischen dem weißen Meere und Nova Semlja in das Innere unseres Continentes, läuft mehrere Grade nördlich von Tobolsk fort und erreicht im Meridiane von Irkutsk ihren nach Norden concaven Scheitel, worauf sie sich wieder nach NO hebt und die Nordostküste Asiens im Lande der Tschuktschen zu verlassen scheint.

10) Die Isotherme von -10° scheint schnell von Norden kommend durch den nördlichen Theil des Bären-Sees zu gehen, streicht dann in der Nähe des Fort Reliance (Breite $62^{\circ} 46'$ N, Temp. $-10^{\circ} 18'$) vorbei und hebt sich weiter östlich wieder nach Norden. Die im alten Continente liegende Curve geht durch Novaja Semlja (Felsenbai, Breite $70^{\circ} 37'$, Temp. $-9^{\circ} 44'$; Matotschkin Schar, Breite $73^{\circ} 15'$, Temp. $-8^{\circ} 38'$), geht dann in der Nähe von Jakutsk vorbei (Breite $62^{\circ} 2'$ N, Höhe 58 Toisen, Temp. $-9^{\circ} 96'$) und sich nun schnell nach NO

hebend, läuft sie durch Nischni Kolymsk (Breite $68^{\circ} 18'$ N, Temp. $-10^{\circ} 00'$).

11) Die Isotherme von -15° läuft südlich von Melville's Insel durch den Elisabeth-Hafen in Boothia (Breite $65^{\circ} 59'$, Temp. $-15^{\circ} 13'$) und hebt sich nun wieder schnell nach Norden, nördlich von Igloodik-Insel fortlaufend (Breite $69^{\circ} 20'$, Temp. $-13^{\circ} 89'$). Die Nordküste Sibiriens scheint diese Linie mehrere Grade westlich vom Vorgebirge Taimura zu durchschneiden und dann durch Ustjansk zu gehen.

Temperatur des Poles.

Die Frage, wie groß die Temperatur des Poles sey, hat die Physiker vielfach beschäftigt, läßt sich aber auf dem Wege der Erfahrung nicht ausmitteln. Die meisten der älteren Untersuchungen gaben ihm eine Wärme, welche jedenfalls zu groß war. Arago unterschied die beiden Fälle einzeln, wo das Festland sich bis zum Pole erstreckte, oder wo an letzterem ein Meer vorhanden wäre. Im erstern Falle glaubte er, daß die vorhandenen Beobachtungen in höheren Breiten dem Pole eine Temperatur von -32° gäben, im zweiten Falle würde diese Größe -18° seyn. Während die älteren Bestimmungen dem Pole eine zu hohe Temperatur gaben, scheinen diese Werthe etwas zu niedrig zu seyn.

Die neueren Reisen machen es sehr wahrscheinlich, daß das Meer sich bis zum Pole erstrecke; gehen wir davon aus, so geben die von mir gemachten Zusammenstellungen dem Nordpole sehr nahe eine Temperatur von etwa -8° , eine Größe, welche sich wohl nicht sehr von der Wahrheit entfernt, da die Messungen an der Westküste Americas und der Ostküste Asiens, so wie der Westküste Europas nahe denselben Werth geben. Hätten wir die Temperatur des Seewassers in den beiden großen Meeren untersucht und aus den in verschiedenen Breiten gefundenen Größen das Gesetz hergeleitet, welches die Verbindung zwischen Polhöhe und Wärme angiebt, so hätten wir in den beiden Meeren nahe dieselbe Größe gefunden, darnach wird die Temperatur des Meeres am Nordpole $-5\frac{1}{4}^{\circ}$, etwas größer als die der Luft. Der Unterschied beider Größen muß darin gesucht werden, daß die vom Lande kommenden Winde die Luft am Pole erkalten.

Kältepole.

Wenn wir einerseits diese Größe mit der Temperatur verschiedener Orte in den nördlichen Theilen beider Continente vergleichen, andererseits die Biegung der Isothermen betrachten, so leuchtet von selbst ein, daß der Nordpol nicht der kälteste Punkt der Erde seyn könne. Brewster behauptete zuerst, daß wir nördlich von jedem Continente einen kältesten Punkt fänden, so daß wir also zwei Kältepole unterscheiden müßten. Er glaubte beide lägen in etwa 80° nördlicher Breite und den Meridianen 95° östlich und 100° westlich von Greenwich. In meinem Lehrbuche der Meteorologie zeigte ich, wie einer dieser Punkte nördlich von der Barrowsstraße, ein anderer nahe am Vorgebirge Laimura in Sibirien liege. Berghaus in seinem physikalischen Atlas verlegt den americanischen Kältepol nach etwa 78° nördlicher Breite und 90° westlicher Länge und giebt ihm eine Temperatur von $-19^{\circ},7$. Den asiatischen Kältepol verlegt er nach $79\frac{1}{2}^{\circ}$ nördlicher Breite und 120° östlicher Länge und giebt ihm eine Temperatur von $-17^{\circ},2$. Genau wird sich nie weder Temperatur noch Breite dieser Punkte bestimmen lassen; was die Länge betrifft, so glaube ich für den americanischen Kältepol nahe dieselbe Größe annehmen zu können, dagegen der asiatische liegt zwischen Meridianen von 70° und 110° östlich von Greenwich.

*) Ich kann hier nicht den nähern Beweis dieser Thatsache führen. Indessen habe ich aus den wenigen Messungen im östlichen und mittlern Asien das Gesetz hergeleitet, welches die Abhängigkeit zwischen Breite, Länge und mittlerer Temperatur angiebt; darnach finde ich z. B. für die Punkte, an welchen die Isotherme von -5° verschiedene Meridiane durchschneidet, folgende Größen:

Meridian 60°	Breite 65°	20
70	....	64. 32
110	....	57. 41
120	....	58. 21

Sie senkt sich also von 60° bis 70° D noch gegen Süden, hebt sich aber von 110° bis 120° nach Norden, sie erreicht also östlich von 70° und westlich von 110° ihre südlichste Lage. In dem Meridiane, wo dieselbe geschieht, liegt auch wahrscheinlich der Kältepol.

Temperatur der südlichen Halbkugel.

Alle bisherige Bestimmungen bezogen sich nur auf die nördliche Halbkugel. Was die Wärme der südlichen betrifft, so fehlt es noch zu sehr an umfassenden Beobachtungen, um ein gültiges Resultat anzugeben. Nur an der Ostküste Americas kenne ich einige Messungen, welche sich bis zu höheren Breiten erstrecken; jedoch ist die Zahl dieser Bestimmungen klein, und es ist die Frage, ob die gegebenen Größen auch wirklich wahre Mittel sind. Die mir bekannten Bestimmungen sind folgende:

Maranham,	Breite	2° 29'	Temperatur	27°, 40
Rio Janeiro	...	22. 56	.....	23, 42
Buenos Ayres	...	34. 36	.....	17, 00
Falklands-Inseln	...	51. 0	.....	8, 46
Hunger-Hafen	...	53. 44	.....	5, 04

Darnach wird die Isotherme von 5° nahe durch die äußerste südliche Spitze von America gehen. In dieser Breite aber von etwa 55° durchschneidet die Isotherme von 5° auch die Westküste North Americas, während dieses an den Ostküsten beider Continente mehrere Grade südlicher, im westlichen Europa aber 5 bis 10° nördlicher geschieht. Wir sehen daraus also, daß bis zu einer Breite von etwa 50 Grad die mittlere Temperatur beider Halbkugeln ungefähr gleich ist, wenigstens so weit als wir den bisherigen Messungen trauen dürfen. Die Temperatur des Poles aber aus den südlicher liegenden Orten hergeleitet würde mehrere Grade tiefer seyn, als die des Nordpols, und eben so geben die Messungen der Temperatur des Meerwassers diesem am Südpole eine Wärme, welche mehrere Grade kleiner ist, als die am Nordpole.

Ueber diese Temperatur der südlichen Halbkugel herrschen ziemlich allgemein übertriebene Ansichten, indem meistens angenommen wird, daß die Wärme derselben viel kleiner sey, als die der nördlichen. Wären die Erfahrungen hierüber indessen nicht von Reisenden aus dem sehr warmen westlichen Europa gesammelt, sondern hätten Bewohner des östlichen Asien oder America die hieher gehörigen Thatsachen beobachtet, so würden sie vielleicht andere Folgerungen gemacht haben. Gegen die übertriebe-

nen Vorstellungen von der Kälte der südlichen Halbkugel treten besonders le Gentil, Kirwan und Humboldt auf, namentlich bemerkte Kirwan, daß man daraus, daß die Reisenden hier sehr kalte Sommer erlebten, nicht schließen dürfe, daß die Winter und mithin die mittlere Temperatur eben so kalt seyen, da die große Wassermasse auf eine gelinde Winterwärme schließen lasse. Ist es nun auch gleich wahrscheinlich, daß in höheren Breiten die Temperatur niedriger sey, als in der nördlichen Halbkugel, so enthalten doch die vorhandenen Nachrichten mehrere Widersprüche.

Die einzigen Quellen, aus denen wir lange Zeit unsere Kenntnisse über die Temperatur jener Gegenden entlehnten, waren die Berichte von Cook's zweiter Reise; das Eis verstattete ihm kaum über den Polarkreis zu dringen, aber späterhin fand Weddell noch in 74° südlicher Breite ein offenes Meer, auf welchem er nur einzelne Eismassen erblickte. Manche dieser Schilderungen scheinen eine Berichtigung zu verdienen. So erzählt J. R. Forster: „Die Gebirge der Insel Neu-Georgia sind mitten im Sommer mit Schnee beladen, der sich bis an den Meeresstrand herab erstreckt. Nur auf Landspitzen, wo die Sonne noch einigermaßen wirken kann, schmilzt endlich jene Winterdecke und läßt den schwarzen Felsen völlig entblößt zurück. Wir fanden an unserm Landungsplatze nur zwei Pflanzenarten, nämlich das Hackenfraut (*Ancistrum decumbens*, Forst.) und eine Art des Knaulgrases (*Dactylis glomerata*).“ Freilich ein eigenes Klima in 54½° südlicher Breite, welches nur zwei Pflanzen erzeugen und in welchem der Schnee mitten im Sommer fast am Meeresstrande liegen soll; aber Cook's Schilderung von dieser Insel zeigt, daß Glaciers sich von den bis in die Wolken ragenden Gebirgen bis an die Küsten des Meeres erstrecken; da ferner die Reisenden nur kurze Zeit am Lande waren, so konnte nach Schouw's richtiger Bemerkung unmöglich die ganze Flora der Insel untersucht werden; auch gedenkt Cook noch einer von Forster nicht erwähnten Pflanze, die wie Moos aussah. Weddell, welcher diese Insel später besuchte, sagt, das Gras wachse bis zu zwei Fuß Höhe, und er habe allerlei Gemüse gefunden, welches zwar einen bitteren Geschmack hatte, aber kräftig gegen den Scharbock wirkte. Selbst mehrere Grade südlicher zeigt Neu-

Süd: Schottland noch ein Gras, nebst einer Flechte, welche dem isländischen Moose ähnlich ist.

Eben so abschreckend lautet die Schilderung, welche Forster vom Feuerlande macht: „Die westliche Küste ist ein nacktes und ödes Felsengebirge, mit Schneebedeckten Gipfeln. In einem großen Hafen desselben, nordwestwärts vom Cap Horn, wo wir einige Tage zubrachten, fand man nirgends eine Spur des Pflanzenreiches, ausgenommen auf etlichen flachen, felsigen Holmen, die mit einem sumpfigen, moosartigen Wäsen bedeckt waren, und in den niedrigsten Thälern oder Bergkluftten ein kleines Gesträuch, darunter nur selten ein Baum war, aufzuweisen hatten.“ Dagegen erwähnt Cook an eben dieser Stelle einen großen Reichtum von Pflanzen, nebst Wäldern. Wollen wir hier dem Urtheile des Naturforschers auch ein größeres Gewicht geben, als dem des Capitäns, so müssen wir annehmen, daß Forster das Unglück gehabt habe, nach einer Gegend zu kommen, wo keine Pflanzen vorhanden waren; denn noch südlicher konnte Weddell Bäume zu Brettern sägen lassen. Weit glücklicher als Forster war der aufmerksame Banks in der St. Vincents-Bai neben der Straße le Maire, denn in Zeit von 4 Stunden fand er mehr als 100 neue Pflanzen, daneben treffliches Gras und viel gutes Holz. Die Birken (*Betula antarctica*), aus denen die Wälder meistens bestanden, hatten einen Stamm von 30 bis 40 Fuß Länge und 2 bis 3 Fuß Dicke, ganz dasselbe galt von den Buchen. Und doch scheinen wir annehmen zu müssen, daß hier an der Küste die Bäume nicht einmal gehörig ausgewachsen waren; denn nur einen Grad nördlicher fand Byron am Hungerhafen (mittlere Temperatur 5°) in der Magellansstraße die schönsten Bäume, die er jemals gesehen hatte, so daß er überzeugt war, daß man aus dieser Gegend die ganze britische Marine mit den besten Masten der Welt versehen könnte. Einige Bäume waren sehr hoch und hatten mehr als 8 Fuß im Durchmesser; in den Wäldern fand er viele Papageien, und die Eingebornen gingen fast nackt umher: ein hinreichender Beweis, daß die Winter nicht sehr kalt seyn können.

Mit diesen Nachrichten stimmt auch ein Bericht Barrow's über die Expedition der Schiffe *Adventure* und *Beagle* nach diesen Gegenden überein. Darnach ist das östliche Feuerland eins der

besten unter den Ländern, welche südlich von 45° südlicher Breite liegen. Die waldigen Gebirge des Westens senken sich hier zu Hügelu herab und verflachen sich auch theilweise zu dicht bewaldeten Ebenen. Das Klima hält die Mitte zwischen dem vom östlichen Patagonien und dem westlichen Feuerlande, welches letztere aus tief ins Land dringenden aber schmalen Meeresarmen, hohen gebirgigen (2000 Fuß hoch), mit Schnee bedeckten Inseln besteht, während die felsigen und steilen Gestade zum Theil mit immer grünen Wäldern bedeckt sind. Das ganze Jahr hindurch herrscht trübe Witterung, Regen und viel Wind. Der westliche Theil von Patagonien besteht aus einer Menge Inseln, die gegen das Meer hin ganz kahl, nach dem Lande zu aber mit un durchdringlichem Wald bedeckt sind; dabei herrscht unaufhörlicher Regen, so daß das Land nie trocken wird.

Diese Stürme und Regen sind es auch, welche den Sommer so unangenehm machen, dafür sind aber die Winter auch desto gelinder, denn wenn gleich die Temperatur des Februar im Pungershafen nur $9^{\circ},8$ betrug, so sank sie dafür auch im Winter noch nicht bis zum Gefrierpunkte. Das Klima ist also völlig ähnlich dem des westlichen Norwegen, wo zwar die Regen die Wärme des Sommers sehr herabdrücken, aber dafür die des Winters nicht sehr tief sinken lassen.

Für diese geringere Temperatur der südlichen Halbkugel in höheren Breiten sind verschiedene Ursachen angeführt worden. Da der Sommer in der südlichen Halbkugel einige Tage kürzer ist, als in der nördlichen, so glaubte man dem Sommer eine geringere Wärme, dem Winter eine größere Kälte geben zu müssen. Doch ist dieser Umstand nur von geringer Bedeutung und wird zum Theil dadurch compensirt, daß die Erde der Sonne bei südlicher Declination näher ist.

Anderer haben die große Menge von Wasser in der südlichen Halbkugel angeführt; dieses nämlich reflectirt einen Theil der auffallenden Strahlen, ein anderer Theil dringt ins Innere des Meeres, erwärmt dieses und kann daher nicht zur Erwärmung der Oberfläche verwendet werden. Jedoch dürfte wohl im Laufe der Jahrtausende diese Erwärmung der inneren Schichten längst ihre Gränze erreicht haben. Ganz dasselbe würde auch der Fall seyn, wenn man die große Wärme-Capacität des Wassers in

Vergleich mit der festen Erdrinde in Anschlag bringen wollte; dadurch werden nur die jährlichen und täglichen Schwankungen kleiner, weniger einflußreich ist dieses für die mittlere jährliche Wärme. Ja man könnte sogar umgekehrt folgern, daß die südliche Halbkugel wegen ihrer großen Wassermasse wärmer seyn müßte, als die continentale nördliche. Denn da die Festländer eine mehr trockene, wenig verdunstende Oberfläche haben, so müssen sie die Dämpfe von den westlich liegenden Meeren erhalten, und da die Atmosphäre über letzteren trockener ist, als in der südlichen Halbkugel, wo sie fast allenthalben in gleichem Grade feucht ist, so müßte die nördliche Halbkugel wegen stärkerer Verdunstung des Meeres und der größern von den Dämpfen gebundenen latenten Wärme kälter seyn.

Ich glaube, daß nicht sowohl die größere Wassermasse der südlichen Halbkugel, als vielmehr die eigenthümliche Configuration des Landes die Ursache der geringern Wärme in höheren Breiten ist. In der nördlichen Halbkugel wird das Wasser der Aequatorialströme in beiden Meeren durch die Westwinde nach höheren Breiten getrieben, und trägt dadurch zur Erwärmung der westlichen Küsten bei. In der südlichen Halbkugel aber bewegt sich der Strom des indischen Meeres sogleich an der Westküste Africas nach Norden, kann also nicht dazu beitragen, die den Polen näher liegenden Gegenden zu erwärmen. Eben so wenig scheinen sich Ströme vom Cap Horn aus nach Süden zu erstrecken. Sollte es sich noch bestätigen, was neuere Reisen anzudeuten scheinen, daß sich am Südpole größere Ländermassen befänden, so würden diese nicht bloß die Aequatorialströme zurückwerfen, sondern ihre Temperatur würde wahrscheinlich eben so wie dieses in Sibirien und Nordamerika der Fall ist, sehr niedrig seyn, dergestalt, daß die von ihnen kommenden Winde durch ihre Kälte die Temperatur der näher am Aequator liegenden Gegenden erniedrigen würden.

Temperatur des Bodens.

Da die Wärme, welche die Erde von der Sonne erhält, die Temperatur aller der freien Luft ausgesetzten Körper im Laufe des Jahres und Tages eben so ändert, als die des Thermometers, so können wir uns dann, wenn es sich nur um Herleitung der mittlern

ren Temperatur handelt; eines andern als des directen bisher betrachteten Verfahrens bedienen. Ein Körper, welcher aus einem schlechten Wärmeleiter besteht und eine Dimension von mehreren Fuß hat, wird im Freien aufgestellt; befindet sich in seiner Mitte die Kugel eines Thermometers, dessen Scale aus ihm hervorragt, so werden die täglichen Aenderungen dieses Instrumentes kleiner seyn, als die des in der Luft hängenden, desto mehr, je größer der Körper ist und je schlechter er die Wärme leitet. Die Temperatur eines solchen Körpers wird sich daher nie sehr von der mittlern des Tages, an welchem man beobachtet, entfernen, und ohne daß man eben so wie bei den Beobachtungen des Luftthermometers genöthigt ist, sich ängstlich an die Stunde zu halten, wird man aus ein oder zwei Beobachtungen die mittlere Wärme eines jeden Tages herzuleiten im Stande seyn.

Statt eines solchen Körpers kann man auch die Erdrinde selbst nehmen. Thermometer mit langen Röhren werden in die Erde gegraben und die Angaben derselben täglich abgelesen. In einer Tiefe von etwa 2 Fuß verschwinden in Deutschland die täglichen Variationen; liegt die Kugel noch tiefer, dann ist es völlig gleichgültig, zu welcher Tageszeit man die Beobachtung macht, da sich das Instrument hier nur langsam von Tage zu Tage ändert, um den Aenderungen der Wärme in dieser Zeit zu folgen. Je tiefer sich die Kugel im Boden befindet, desto geringer werden diese Aenderungen, und in einer Tiefe von etwa 20 bis 30 Fuß steht das Instrument während des ganzen Jahres auf derselben Höhe, und zwar auf einem Punkte, welcher nahe mit der mittlern Wärme der Luft zusammenfällt. Die Tiefe, wo diese constante Temperatur angetroffen wird, hängt von der Wärmeleitung des Bodens; hauptsächlich aber von dem Unterschiede zwischen Winter- und Sommerwärme ab. Im tropischen America, wo dieser Unterschied nur wenige Grade beträgt, genügt es im Allgemeinen, das Thermometer in eine Tiefe von 1 bis 2 Fuß in den Boden zu stecken, um die gesuchte Größe zu erlangen.

Befinden sich neben einander mehrere Thermometer in verschiedenen Tiefen, so werden nicht bloß ihre Aenderungen während des Jahres desto geringer, je tiefer sie sind, sondern der Gang dieser Variationen weicht sehr von dem der Luft ab. Die Tage nämlich, an welchen das im Boden befestigte Instrument

den tiefsten oder höchsten Stand erreicht, treten später ein, als bei einem in der Luft hängenden Instrumente, und zwar desto mehr, je tiefer die Kugel sich befindet. Ist z. B. die Kugel 4 Fuß von der Oberfläche entfernt, so steht das Instrument in der Mitte des März am tiefsten, in der Mitte des September am höchsten, beides etwa zwei Monate später als in der Luft. Wenn nämlich während des Sommers die Temperatur der Luft und der obersten Schicht des Bodens steigt, so dringt diese Wärme nur langsam durch den schlecht leitenden Boden, und es vergeht einige Zeit, ehe ein Thermometer in der Tiefe von mehreren Fuß an diesen Aenderungen Theil nimmt. Wenn nun im August die Wärme der Luft wieder abnimmt, so werden auch die obersten Schichten des Bodens kälter, aber anfänglich ist ihre Wärme noch etwas größer als die der tiefer liegenden Schichten, und somit erhält das Thermometer in der Tiefe von mehreren Fuß noch Wärme von oben. Endlich wird die Oberfläche kälter als die dicht unter ihr liegenden Schichten, die Wärme von diesen geht nicht mehr wie bisher allein nach unten, sondern auch nach oben, und so tritt bei diesen die höchste Temperatur ein. So wie bei der Annäherung an die Herbstnachtgleiche die Wärme der Oberfläche kleiner wird, müssen von Tage zu Tage tiefer liegende Schichten die höheren erwärmen, während sie zugleich den unteren Wärme mittheilen. So wie ihre Wärme aber nicht mehr die der tiefer liegenden übersteigt, werden letztere ihre größte Temperatur erlangen, es wird endlich gegen den Winter hin nur noch eine Bewegung der Wärme von unten nach oben Statt finden. Jetzt sind die obersten Schichten kälter als die tieferen; so wie im Januar die Wärme der Luft und der obersten Schichten zu steigen beginnt, erhalten die Schichten, welche in der Tiefe weniger Zolle liegen, gleichzeitig von oben und unten Wärme, für sie findet also das Minimum bald nach dem kältesten Tage Statt. Nur langsam aber dringt die Wärme von oben nach unten, die tiefer liegenden wärmeren Schichten empfinden daher auch die Einwirkung der Sonne erst später, desto mehr, je weiter sie von der Oberfläche entfernt sind.

Temperatur der Quellen.

Das Wasser, welches in größerer oder geringerer Menge in Quellen und Brunnen aus dem Innern der Erde hervorkommt, rührt unseren bisherigen Erfahrungen zufolge vom Regenwasser her. Es dringt durch die Poren und Spalten in die Tiefe, fließt hier nach größeren oder kleineren Behältern und tritt an geeigneten Stellen zu Tage. Daher findet man in allen Gegenden, daß die Quellen nach lange anhaltender Dürre ärmer werden oder wohl gar versiegen, während sie nach starkem Regen reicher werden. Besonders beweisen dieses die Erfahrungen der Bergleute, welche in nassen Jahren mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Wegen der Kleinheit der Kanäle in der Nähe der Erdoberfläche aber bewegt sich das Wasser nur langsam, und daher vergehen oft Tage, selbst Wochen, ehe heftige Regen an den Quellen zu erkennen sind.

Da auf diese Weise die Wassermassen lange Zeit mit den Schichten des Gesteines in Verührung stehen, so werden beide sich in ein Temperaturgleichgewicht setzen. War das Regenwasser also kälter als die Gesteine, durch welche es floß, so wird es von diesen erwärmt, diese aber erkaltet. Wäre dagegen seine Temperatur höher gewesen, so würde es selbst kälter werden, während es die Gesteine erwärmt. Sammelt sich das Wasser in einem unterirdischen Behälter, welcher in so bedeutender Tiefe liegt, daß die täglichen und jährlichen Variationen der Erde verschwinden, so wird es hier eine bestimmte Wärme erlangen; tritt es dann aber durch einen Kanal zu Tage, dann wird seine Temperatur durch die der Gesteinschichten des letztern geändert, es wird von diesen im Winter erkaltet, im Sommer erwärmt werden, beides desto mehr, je weiter der Kanal sich in geringer Tiefe fortbewegt. Je reichhaltiger jedoch die Quelle ist, desto geringer wird bei der großen Wärme-Capacität des Wassers dieser Einfluß der obersten Gesteinschichten seyn.

Quellen, welche demnach aus bedeutender Tiefe in Mächtigkeit hervordringen, haben während des Jahres fast unverändert dieselbe Temperatur, jedoch stimmt diese nicht stets ganz mit der des Bodens überein, und wenn auch lange Zeit hindurch beide für identisch angesehen worden sind, müssen wir sie strenge

unterscheiden. Wenn ein Gebirge schnell in die Höhe steigt, so treffen wir an seinem Fuße meistens Quellen, welche zwar während des ganzen Jahres eine constante Temperatur haben, aber kälter sind, als solche, welche in geringer Entfernung in den Ebenen entspringen. Das Wasser, welches in der Höhe in den Berg dringt, ist besonders dann, wenn es von geschmolzenem Schnee herrührt, sehr kalt und theilt seine niedrige Temperatur den benachbarten Gesteinschichten mit, so daß Quellen in Gebirgsgegenden meistens eine zu niedrige Temperatur haben.

Solche Quellen, welche das ganze Jahr hindurch eine constante Temperatur haben, eignen sich zu dieser Untersuchung besonders deshalb, weil eine oder wenige Beobachtungen genügen, ihre mittlere Wärme zu finden. Es tritt jedoch bei Benützung dieser Größen ein anderer Uebelstand ein, auf den zuerst Wahlenberg aufmerksam machte. Er beobachtete in der Nähe von Upsala eine Reihe Quellen, von denen einige während des ganzen Jahres fast unverändert dieselbe Temperatur hatten, während andere größere Differenzen zeigten. Als er nun das Mittel für jede dieser Quellen aufsuchte, so fand er, daß die constanten Quellen, welche also wahrscheinlich aus größerer Tiefe hervordringen, etwas wärmer waren, als die veränderlichen. Die späteren Erfahrungen, die man besonders bei artesischen Brunnen gemacht hat, zeigen auf das Entschiedenste, daß das hervordringende Wasser desto wärmer sey, aus je größerer Tiefe es hervordringt. Jedenfalls werden viele Quellen von dieser großen Tiefe, aus welcher sie kommen, uns eine etwas zu hohe Temperatur anzeigen. Dieses ist namentlich bei allen, selbst den sogenannten kalten, Mineralquellen der Fall, und diese müssen daher ganz ausgeschlossen werden. Schwer aber wird es, aus den erwähnten Gründen in jedem einzelnen Falle zu entscheiden, welche Quelle benützt werden dürfe, und welche nicht.

Es war wohl Robuck, welcher zuerst empfahl, die Wärme von Quellen und Brunnen zu beobachten, indem er darauf aufmerksam machte, daß in London und Edinburg ihre Wärme sehr nahe mit der mittlern der Luft übereinstimmte. In der Folge regte John Hunter den Gegenstand aufs Neue an, besonders aber wurde man erst durch die Arbeiten Humboldt's darauf aufmerksam. Wahlenberg und L. v. Buch stellten

dann eine Reihe von Messungen in verschiedenen Gegenden an, und verschiedene Reisende, unter denen ich nur Erman und Kupffer besonders hervorheben will, haben unsere Kenntniß dieses Gegenstandes im hohen Grade erweitert.

Stimmen gleich Wärme der Quellen und der Luft an einem Orte nahe überein, so zeigen sich zwischen beiden doch Verschiedenheiten, deren Grund nicht sowohl in zufälligen Störungen oder Beobachtungsfehlern als vielmehr in klimatischen Verhältnissen liegt. Nur im westlichen Europa scheinen beide Größen übereinzustimmen, im westlichen Norwegen scheinen dagegen die Quellen etwas kälter zu seyn, als die Luft. Entfernen wir uns in dem nördlich von den Alpen liegenden Theile Europas von den Küsten des Meeres, so werden die Quellen wärmer als die Luft, und zwar wird der Unterschied desto bedeutender, je tiefer wir ins Innere des Landes gehen. In einem großen Theile Italiens endlich, so wie zwischen den Wendekreisen, ist im Allgemeinen die Wärme der Quellen geringer als die der Luft.

Als dieser Unterschied beider Größen auf einem kleinen Theile der Erde bekannt war, glaubte man denselben aus der geographischen Lage herleiten zu können; erst später gab Buch den wahren Grund an, indem er dabei auf die Entstehungsart der Quellen Rücksicht nahm. Regnete es nämlich gar nicht, so würde der Boden in einer geringen Tiefe die mittlere Temperatur der Luft haben; regnete es das ganze Jahr hindurch, oder fiel doch in jedem Monate gleichviel Wasser herab, und nehmen wir an, daß dieses Wasser im Momente seines Eindringens in den Boden jedesmal die mittlere Wärme der Luft habe, so würde auch die mittlere Temperatur der Quellen mit der Luft übereinstimmen. Dieses ist z. B. in England der Fall, wo die Regenmenge in der warmen Jahreszeit nahe eben so groß ist, als in der kalten. In solchen Gegenden dagegen, wo es stärker im Sommer regnet als im Winter, ist die mittlere Wärme des im Jahre herabfallenden Wassers größer als die der Luft, und da durch dieses Wasser die Quellen ernährt werden, so muß auch dieses von ihnen gelten. Daher sind die Quellen in Schweden und Deutschland mehrere Grade wärmer als die der Luft. Das Gegentheil muß in solchen Gegenden Statt finden, wo die Winterregen häufiger sind. Daher die geringe Wärme der Quellen

im westlichen Norwegen und in Italien. Hieraus aber folgt auch zugleich die geringe Wärme der Quellen in denjenigen Tropengegenden, in denen die trockene und nasse Jahreszeit sehr scharf getrennt sind, weil mit dem Eintritte der Regen die Temperatur meistens schnell sinkt; wo dagegen locale Verhältnisse Ursache sind, daß im ganzen Jahre einzelne Regen herabfallen, da stimmen beide Größen auch nahe überein.

Abnahme der Wärme mit der Höhe.

Wenn wir uns in Gebirgen zu Punkten erheben, welche immer weiter von den Ebenen entfernt sind, so finden wir, daß die Temperatur desto kleiner wird, je höher wir uns befinden. Zwar geschieht es nicht selten, daß ein Punkt, welcher mehrere tausend Fuß höher ist, als ein in der Nähe befindlicher tieferer, nicht viel kälter ist, als letzterer, ja es kann sich ereignen, daß der höhere sogar wärmer ist. Jedoch sind dieses Ausnahmen von dem allgemeinen Gesetze, deren Grund größtentheils in der Windrichtung und der Witterung jener Zeit zu suchen ist. Denn nicht selten wehen in der Höhe warme südliche Winde, während in der Tiefe kalte Nordwinde herrschen. Um daher die Größe dieser Wärmeabnahme kennen zu lernen, müssen wir das Mittel aus einer großen Zahl von Messungen nehmen. Das Gesetz jedoch, nach welchem die Wärme bis zu den höchsten Gränzen der Atmosphäre abnimmt, ist bis jetzt unbekannt; innerhalb der Gränzen, in denen die vorhandenen Messungen liegen, begeht man keinen großen Fehler, wenn man annimmt, daß gleichen Höhenunterschieden gleiche Temperaturdifferenzen entsprechen. Ist also die erstere dieser Größen bekannt, so wird sie durch letztere dividirt, daan giebt der Quotient die Höhe, um welche man sich erheben muß, wenn die Wärme um einen Grad abnehmen soll.

Stellen wir indessen längere Zeit hindurch gleichzeitige Beobachtungen in der Höhe und Tiefe an, so zeigt sich, daß abgesehen von den erwähnten anomalen Thatsachen, die Wärmeabnahme nicht zu allen Tages- und Jahreszeiten dieselbe ist. Der Einfluß der Tageszeiten wurde besonders durch eine Reihe von Messungen erwiesen, welche Saussure auf dem Col du Géant in einer Höhe von etwa 10000 Fuß über dem Meere machte, in Rämz Vorles. üb. Met.

während das Thermometer gleichzeitig in Genf und in Chamouni beobachtet wurde. Eben dieses zeigen mehrwöchentliche Messungen, welche ich auf dem Rigi und dem Faulhorne machte, während in Basel, Bern, Genf und Zürich gleichzeitig der Stand der Instrumente aufgezeichnet wurde. Es genüge hier die Zahl der Foisen anzugeben, um welche man sich erheben muß, wenn die Wärme um 1°C sinken soll, wie sich diese Größe aus den Messungen auf dem Col du Géant und dem Rigi ergibt.

Stunde	Col du Géant	Rigi
Mittag	75 ^t ,9	66 ^t ,6
1		67,6
2	71,8	66,1
3		65,2
4	72,8	63,8
5		62,5
6	72,3	62,6
7		65,6
8	73,4	69,6
9		74,1
10	80,5	78,0
11		81,3
Mitternacht	87,7	84,1
13		86,4
14	97,0	89,6
15		92,7
16	107,7	95,0
17		95,6
18	100,0	91,8
19		86,2
20	92,3	78,6
21		74,1
22	82,1	71,5
23		67,7
Mittel	84,5	76,5

Während der Nacht sind nur die Messungen Saussure's fortgesetzt; ich habe den Stand der Instrumente nur von 5 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends aufgezeichnet und aus den wäh-

rend des Tages gefundenen Größen das Gesetz hergeleitet, nach denen sich dieselben während der Nacht ändern, so daß die mitgetheilten Größen sich wahrscheinlich nicht bedeutend von dem wahren Gange der Natur entfernen. Obgleich diese Tafeln noch manche kleine Unregelmäßigkeiten zeigen, so tritt doch sehr deutlich die tägliche Periode hervor. Am schnellsten nimmt die Wärme nämlich ab um etwa 5 Uhr Abends, am langsamsten um die Zeit des Sonnenaufganges, und der Unterschied der zu beiden Zeiten gefundenen Größen beträgt mehr als $\frac{1}{2}$ der Größe, um welche man sich im Mittel des Tages erheben muß, wenn die Wärme 1° sinken soll. Die Verschiedenheit der beiden mittleren Größen (84,5 und 76,5 Foisen) muß zum Theil in der Ungleichheit der Witterung zur Zeit beider Beobachtungsreihen gesucht werden.

Nicht minder deutlich tritt in unseren Klimaten die jährliche Periode hervor. Sehr auffallend zeigen dieses die Messungen, welche seit einer Reihe von Jahren gleichzeitig in Genf und im Kloster auf dem St. Bernhard gemacht werden. Um jedoch die Anomalien zu entfernen, welche etwa in einem unregelmäßigen Gange der Witterung ihren Grund haben, führt auch das folgende Verfahren zwar mühsamer zum Ziele, gewährt aber den großen Vortheil, daß man dabei Orte benutzen kann, deren Höhenunterschied nur wenige hundert Fuß beträgt. Die Temperatur eines jeden Punktes hängt von seiner geographischen Breite, Länge und seiner Höhe über dem Meere ab. Ist nun gleich das mathematische Gesetz, nach welchem die Temperatur eine Abhängigkeit von diesen drei Elementen hat, nicht genau bekannt, so vermag man doch aus den Messungen ein solches herzuleiten, welches auf einem kleinen Raume die durch Erfahrung gefundenen Größen ausdrückt, indem man in der entwickelten Formel die drei Elemente berücksichtigt, durch welche die Lage eines Punktes auf der Erdoberfläche bestimmt wird. Ich habe demnach auf der Südseite der Alpen und im südlichen Deutschland zwischen den Breiten von 45 und 50 Grad und zwischen den Meridianen von Genf und Wien 30 Orte genommen, deren geographische Lage und Temperatur in den einzelnen Monaten ziemlich genau bekannt war, und daraus das Gesetz für die Wärmevertheilung in diesem Raume hergeleitet. Dadurch erhielt ich

ebenfalls die Höhe in Toisen, um welche man sich erheben mußte, wenn das Thermometer um 1° sinken sollte. Die folgende Tafel enthält in der zweiten Spalte die Größen, welche eine Vergleichung zwischen Genf und dem St. Bernhard giebt; in der dritten diejenigen, welche durch die zuletzt erwähnte Rechnung gefunden werden.

Monat	Genf und St. Bernhard	Südliches Deutschland und nördliches Italien
Januar	132,8	132,0
Februar	114,2	99,3
März	93,6	81,9
April	90,3	82,4
Mai	91,4	81,0
Junius	90,4	76,1
Julius	92,9	76,3
August	101,0	74,9
September	101,0	83,1
October	100,5	91,2
November	124,1	100,3
December	111,8	119,8
Jahr	103,7	88,6

In beiden Reihen tritt sehr auffallend die Thatsache hervor, daß das Thermometer im Sommer mit der Erhebung über den Ebenen weit schneller sinkt, als im Winter; stimmen darin beide überein, so zeigen doch die Größen, namentlich im Sommer sehr bedeutende Abweichungen von einander. Ich bin jedoch geneigt, den in der dritten Spalte gegebenen Größen den Vorzug zu geben; denn der Einschnitt im Gebirgskamme, in welchem das Kloster auf dem St. Bernhard liegt, ist dem Eindringen der warmen Südwinde geöffnet, in Folge deren das Thermometer mehr oder minder steigt; besonders wird im Sommer der mehrfach erwähnte heiße Luftstrom, welcher sich über der Sahara erhebt und in den oberen Regionen der Atmosphäre nach Norden vordringt, ein bedeutendes Steigen der Temperatur veranlassen, so daß man eine zu langsame Abnahme der Wärme findet. Dieser bedeutende Einfluß einer localen Erwärmung verschwindet zum Theil bei der Zusammenstellung einer größeren in verschiede-

nen Localitäten angestellten Reihe von Messungen, wie dieses bei den in der dritten Spalte enthaltenen Größen der Fall ist.

Diese ungleich schnelle Abnahme der Wärme in verschiedenen Jahreszeiten ist zugleich Ursache, daß der Unterschied zwischen den mittleren Temperaturen des Sommers und Winters desto kleiner wird, je höher wir in einem Gebirge aufsteigen. So beträgt dieser Unterschied in der ebenen Schweiz in einer Höhe von 200 Toisen gegen 19° , auf dem St. Gotthard in einer Höhe von 1073 Toisen ist er bis zu $14^{\circ},9$, und auf dem St. Bernhard in einer Höhe von 1278 Toisen bis $13^{\circ},5$ gesunken. Saussure, welcher dieses Gesetz in den Alpen zuerst deutlich erkannte, glaubte daher, daß die Verschiedenheiten der Jahreszeiten in Höhen von 6000 bis 7000 Toisen fast ganz verschwinden würden.

Außer den Alpen ist diese Größe nur noch vorzugsweise in Südamerika durch die Arbeiten Humboldt's bestimmt worden. Darnach nimmt an schnell aufsteigenden Bergen die Wärme um einen Grad ab, wenn wir um 98 Toisen aufsteigen, dagegen beträgt diese Größe auf Bergebenen 125 Toisen. Eine Reihe von Orten im südlichen Hindostan giebt 91 Toisen, dagegen finden wir im nördlichen Hindostan 116,5, also nahe eben so als Humboldt es für größere Ländermassen angiebt. Und damit nahe übereinstimmende Größen werden fast allenthalben angetroffen. So geben die Orte im westlichen Sibirien 127 Toisen, eine Größe, welche sich in 125 Toisen verwandelt, wenn wir damit noch die nördlichsten sehr hoch liegenden Punkte in Hindostan verbinden. Die Orte in den vereinigten Staaten geben 114 Toisen.

Ich glaube nicht, daß diese Differenzen ihren Grund bloß darin haben, daß die von mir benutzten mittleren Temperaturen der verschiedenen Orte nicht in denselben Jahren gefunden sind, vielmehr scheint es, als ob die Configuration der Länder dabei von einem wesentlichen Einflusse sey. Steigt der Boden allmählig an, oder haben wir es mit weit ausgedehnteren Hochländern zu thun, dann ändert sich die Wärme allenthalben auf der Erde weit langsamer als bei steilen Gebirgen; in jenem Falle können wir etwa 120 Toisen, in diesem Falle noch nicht ganz 100 Toisen auf einen Grad rechnen. Es zeigt uns übrigens diese Ver-

chiedenheit, wie mißlich es ist, wenn bei Herleitung der Isothermen die Temperatur der höher liegenden Punkte nach irgend einer Regel auf das Niveau des Meeres reducirt werden soll. Denn wenn die Höhe derselben bedeutend ist, so können wir mehr oder minder große Fehler begehen, wenn wir dabei ein allgemeines Gesetz anwenden wollen. Nur dann, wenn wir eine größere Reihe von Messungen in einer Gegend besitzen und die Aenderungen der Wärme nach Länge, Breite und Höhe aus ihnen selbst herleiten, werden diese Fehler vermieden.

Ich habe hier nur diejenigen Resultate angeführt, welche sich aus länger fortgesetzten Beobachtungen ergeben; eine Menge einzelner Erfahrungen, welche Reisende und Luftschiffer gesammelt haben, stimmen damit im Allgemeinen überein, doch kann je nach der Beschaffenheit der Witterung und der Luftströme der Werth der Höhe, um welche wir uns erheben müssen, wenn die Temperatur um 1° sinken soll, sehr ungleich seyn, und es scheint mir nicht erlaubt, aus Thatfachen, welche zum Theil völlig isofirt stehen, allgemeine Folgerungen herzuleiten.

Das eben betrachtete Phänomen der Wärmeabnahme mit der Erhebung in die Atmosphäre scheint auf den ersten Anblick mehreren Thatfachen zu widersprechen, welche man mit Leichtigkeit in jedem Gebirge wahrnehmen kann. Steigen wir nämlich bei schönem Wetter aufwärts, so ist die Hitze der auf unsern Körper fallenden Sonnenstrahlen sehr drückend, weit mehr als dieses in den Ebenen der Fall ist, namentlich dann, wenn das Wetter windstill ist. Hängen wir gleichzeitig ein Thermometer in die Sonne und ein zweites in den Schatten, so ist der Unterschied beider in bedeutender Höhe weit größer als in der Tiefe; diese mächtigere Wirkung der Sonnenstrahlen in den oberen Regionen der Atmosphäre wird noch entschiedener durch das Heliothermometer und Actinometer (S. 184.) erwiesen.

Da also in den oberen Schichten die Sonnenstrahlen wegen des kürzern Weges, welchen sie in der Luft zurückgelegt haben, weniger geschwächt ankommen, so sollte man hier auch zugleich eine höhere Temperatur erwarten, als am Boden. Die Erfahrung zeigt das Gegentheil und es scheint demnach um so nöthiger, die einzelnen Gründe, welche Ursache dieses Widerspruches sind, näher zu betrachten.

Wäre die Luft kein elastischer Körper, sondern hätte sie allenthalben dieselbe Dichtigkeit als im Niveau des Meeres, so würde die Atmosphäre in der Höhe von etwas mehr als einer Meile von einer scharf ausgedrückten Oberfläche begränzt seyn. Außerhalb dieser Gränze befände sich ein leerer Raum von einer niedrigen Temperatur, in welchem die Erde ihren Weg machte. Indem die oberste Schicht mit dieser kalten Region in inniger Berührung steht, würde sie die niedrige Wärme derselben annehmen und durch Leitung sich ein Theil dieser Kälte nach unten verbreiten. Stets aber wird die auf diese Art erzeugte Abnahme der Wärme von unten nach oben sehr unbedeutend seyn, da schon die flüssigen Körper sehr schlechte Wärmeleiter sind und dieses noch mehr bei Gasen der Fall zu seyn scheint.

Wichtiger ist die früher erwähnte Verschiedenheit, welche uns die dunkle und die leuchtende Wärme bei ihrem Durchgange durch die Körper zeigen (S. 182.). Wenn die Sonnenstrahlen die Atmosphäre durchdringen, so verlieren sie allerdings bei jedem Schritte einen Theil ihrer Wärme, welchen sie an die Lufttheilchen, durch welche sie gehen, abgeben, aber doch kommt noch der größte Theil von ihnen zum Boden und dieser erhält dadurch eine hohe Temperatur. Strahlte der Boden keine Wärme aus und fände die angenommene gleichförmige Dichtigkeit der Luft in allen Höhen Statt, so müßte bei diesem Vorgange die Temperatur der oberen Luftschichten sogar höher seyn, als die der tiefer liegenden, weil dort die Sonnenstrahlen weniger geschwächt wären. Aber die heftige Strahlung der Wärme, welche von dem heißen Boden beginnt, kehrt das Phänomen gänzlich um. Denn die Wärmestrahlen, welche von ihm ausgehen, sind dunkle, und diese erleiden bei ihrem Durchgange durch die Luft eine weit größere Schwächung als die Sonnenstrahlen; so werden also vorzugsweise die unteren Schichten erwärmt, und die Temperatur muß also von unten nach oben in unserer fingirten Atmosphäre abnehmen.

Das eben betrachtete Phänomen muß noch auffallender in einer Atmosphäre erscheinen, deren Dichtigkeit von unten nach oben kleiner wird, wie dieses bei der Erde der Fall ist. Nicht bloß verschlucken die unteren und dichteren Luftschichten in demselben Raume eine größere Menge von Sonnenstrahlen und werden dadurch stärker erwärmt, sondern sie sind es auch, durch

welche zuerst die vom Boden ausgehenden Wärmestrahlen dringen, und indem sie einen Theil davon aufhalten, lebhaft erwärmt werden. Eine ähnliche Wärmestrahlung findet bei allen Lufttheilchen Statt, aus denen die Atmosphäre zusammengesetzt ist; jedes von ihnen strahlt nach oben und nach unten Wärme aus, aber da die Luft nach oben immer weniger dicht wird, so wird von den nach unten gehenden Strahlen ein weit größerer Theil aufgehalten und zur Erwärmung der tiefer liegenden Schichten verwendet, als von den nach oben gehenden, welche zum Theil in den leeren Himmelsraum dringen.

Die eben erwähnten Umstände geben uns auch einen Grund an für den wichtigen Einfluß, welchen Tages- und Jahreszeiten, so wie die Beschaffenheit der Witterung nebst der Configuration des Bodens auf unser Phänomen haben. Wenn nämlich bei heiterm Wetter und hohem Stande der Sonne der Boden sehr stark erwärmt wird, so erhält er eine weit höhere Temperatur als bei trübem Himmel oder niedrigem Stande; dann strahlt er also weit lebhafter aus. Diese durch Strahlung erzeugte Erhöhung der Temperatur zeigt sich aber zunächst in den unteren Schichten der Luft und daher im Sommer und in den heißen Tagesstunden eine so schnelle Abnahme der Wärme. Wird der Boden selbst auf bedeutende Strecken in die Höhe erhoben, dann ist auch die Wärme strahlende Quelle den höheren Schichten der Atmosphäre näher, indem sich daher das Gebirge in ein Hochland verwandelt, wird zugleich die Wärmeabnahme weit langsamer.

Meistens wird als die vorzüglich wirksame Ursache die Veränderung der Temperatur angeführt, welche eine gegebene Luftmasse erleidet, wenn ihr Volumen geändert wird. Comprimiren wir dieselbe nämlich, so entsteht eine plötzliche Erwärmung, welche desto bedeutender ist, je kleiner der Raum wird, welcher die Luft vorher einnahm. Nimmt man z. B. einen regelmäßig ausgebohrten Cylinder von Metall, in welchem ein gut schließender Kolben bewegt werden kann, stößt dann heftig letztern in den Cylinder, so wird durch die bloße Compression der atmosphärischen Luft eine solche Hitze erzeugt, daß Feuerschwamm entzündet wird. Apparate dieser Art sind unter dem Namen der pneumatischen Feuerzeuge bekannt. Umgekehrt erfolgt eine bedeutende Erkaltung, wenn wir eine Luftmasse unter dem Recipiens

ten der Luftpumpe schnell verdünnen. Es ergibt sich aus diesen Thatsachen, daß Luft, deren Dichtigkeit kleiner wird, eine größere Wärme-Capacität hat, als vorher, es ist eine größere Menge von Wärme erforderlich, wenn ihre Temperatur um eine gewisse Zahl von Graden erhöht werden soll, daher nimmt sie bei der Ausdehnung diese mangelnde Wärme allen Körpern, mit denen sie in Berührung steht, und das Thermometer sinkt daher. Das Gegentheil zeigt sich bei der Compression.

Wenn demnach die Licht- und Wärmestrahlen der Sonne durch die höheren und weniger dichten Schichten der Atmosphäre hindurchgehen, so steigt wegen der größern Wärme-Capacität der dünnern Luft das Thermometer nicht so stark als am Boden, selbst wenn ein Kubikfuß dieser dünnen Luft eben so viel Wärme verschluckt hat, als ein Kubikfuß von der tiefer liegenden dichteren, auf eine ähnliche Weise als ein Pfund Wasser durch eine gewisse Wärmemenge nur um 4 Grad erwärmt wird, wenn das durch die Temperatur von einem Pfund Eisen um 36 Grad steigt (S. 14).

Werden die beiden bisher betrachteten Umstände mit einander combinirt, so überzeugt man sich sehr leicht, daß die Wärme oben kleiner seyn müsse, als unten. Weniger wichtig scheint mir die Wirkung der auf- und absteigenden Luftströme. Wenn nämlich der Boden unter Einwirkung der Sonne sehr stark erhitzt wird, so erheben sich die mit ihm in Berührung stehenden warmen Luftmassen, steigen aufwärts, und indem der Druck, welchen sie erleiden, in jedem Momente kleiner wird, dehnen sie sich aus und werden kälter. Andere Luftmassen sinken aus der Höhe in den Raum, welchen sie vorher einnehmen, und indem die Dichtigkeit derselben wächst, werden sie wärmer. Trägt gleich dieser Umstand etwas dazu bei, das besprochene Phänomen hervorzubringen, so glaube ich doch, daß die aufwärts steigenden Luftmassen zu unbedeutend sind, um eine sehr bedeutende Erkaltung zu erzeugen.

Vegetation der Gebirge.

Die eben betrachtete Abnahme der Wärme mit der Höhe hat den größten Einfluß auf das Leben in den Gebirgen, und wenn igleich eine vollständige Schilderung dieser Verhältnisse in

die allgemeine Geographie gehört, so will ich doch hier einige der auffallendsten Thatsachen angeben, welche dem Reisenden mit Lebhaftigkeit entgegentreten. Es bedarf dabei wohl kaum einer Erwähnung, daß jedes Gebirge eben so wie jedes Land seine eigenthümliche Vegetation hat, und daß sich darnach die Physiognomie der Gewächse ändert. Deshalb will ich mich hier damit begnügen, einige der Erscheinungen anzuführen, welche man in den Alpen beobachten kann.

Nähern wir uns den Alpen, so finden wir in der ebenen Schweiz eine ungemein üppige und treffliche Vegetation; fruchtbare Getreidefelder wechseln mit Weinbergen oder schönen Wiesen; letztere haben hier besonders deshalb eine so große Ausdehnung, um Winterfutter für die zahlreichen Heerden zu gewinnen, welche im Sommer auf den Alpen weiden. Die Vegetation weicht wenig von derjenigen ab, welche wir auf den Ebenen des südlichen Deutschland finden; nur da, wo Gebirgsströme sehr schnell in die Tiefe kommen, treffen wir Pflanzen, welche den Alpen eigenthümlich sind und sonst in den Ebenen fehlen, besonders fallen die alpine Bertramwurze (*Pyrethrum alpinum*) und die alpine Kresse (*Lepidium alpinum*) auf, diese Pflanzen rühren offenbar von Saamen her, welche die Gebirgsflüsse aus der Tiefe herabführten. Am Fuße der Berge wechseln kräftige Buchenwälder mit hohen Tannen.

Erheben wir uns einige tausend Fuß, so erscheinen neue Pflanzen, so namentlich die Aurikel (*Primula Auricula*), welche mit ihren schwefelgelben Blüthen den von ihr überzogenen Felsen ein schönes Ansehen giebt; der schöne stiellose Enzian (*Gentiana acaulis*) mit ungemein großer dunkelblauer Blüthe; das violette Alpenglöckchen (*Soldanella alpina* und *S. Clusii*), welche sich zuerst in einer Höhe von 4000 Fuß über dem Meere zeigt und den Stellen, an denen sie erscheint, einen eigenthümlichen Reiz giebt. Rings um die Stellen, namentlich die Vertiefungen, an denen der Schnee schmilzt, erhebt sich aus einer kleinen Blattrosette ein 2 bis 3 Zoll hoher Stiel, welcher auf seiner Spitze ein nickendes gefranztes Glöckchen trägt; wenige Tage nachdem der Schnee an einer Stelle geschmolzen ist, steht es bereits in Blüthe und bildet so einen violetten Saum um die noch übrige Schneemasse; aber nach 14 Tagen hat es den Kreis seines Lebens vollendet,

der Stiel vertrocknet und nur die Blattrosette bleibt übrig. Gleichzeitig überzieht der Safran (*Crocus vernus*) mit seinen weißen Blüthen ausgedehnte Flächen, von denen der Schnee vor kurzem verschwunden war; es lebt ebenfalls nur wenige Tage und die junge Brutzwiebel blüht erst im nächsten Jahre. Von dieser Höhe von 4000 Fuß an treffen wir die Alpenrose, sowohl mit den rauen (*Rhododendron hirsutum*) als mit den rostfarbenen Blättern (*R. ferrugineum*), sie bildet einen kräftigen Strauch, welcher in günstigen Lagen eine Höhe von einigen Fuß erhält und dort große Flächen überzieht (südlich vom Rhoneglätscher, St. Pierre im Drance-Thal), welche zur Zeit der Blüthe einen ungemein prachtvollen rosenrothen Ueberzug haben.

Wenn wir uns aber aus der Ebene bis zu Höhen von etwa 4 bis 6000 Fuß erheben, so verschwinden zugleich einige Gewächse. Unter den wild wachsenden nenne ich nur die Stechpalme (*Ilex aquifolium*), welche den Gebüsch in der Tiefe mit ihren glänzenden Blättern ein so schönes Ansehen giebt. Wichtig ist das Verhalten der Culturgewächse. Schon wenige hundert Fuß über den Ebenen der nördlichen Schweiz in einer Höhe von etwa 1700 Fuß verschwindet der Weinstock, am südlichen Abhange der Alpen, und im Wallis beträgt diese Höhe etwa 2000 Fuß, und nur in einzelnen günstigen Localitäten, wie im Sesithale am Monte Rosa, finden wir Weinstöcke bis etwa 3000 Fuß. Ähnliches gilt vom Getreide. Je höher man sich erhebt, desto später erfolgt die Erndte. Als ich im Julius 1832 meinen Weg aus der ebenen Schweiz über den Gotthardt nach dem Wallis nahm, so war dort die Erndte beendet, im oberen Wallis bei Münster und Ober-Gestelen war das Getreide noch grün. Man sieht sich in diesen höher liegenden Dörfern nicht selten genöthigt, das Getreide im Herbst noch grün abzuschneiden und es dann in freier Luft aufzuhängen, damit die Körner eine künstliche Reife erlangen. In eben diesen Gegenden wendet man nicht selten ein künstliches Mittel an, um den Frühling einige Tage früher herbeizuführen. Der auf den Feldern liegende Schnee wird mit schwarzer Erde bestreut, und indem letztere stark von der Sonne erwärmt wird, trägt sie zum schnelleren Schmelzen des Schnees bei; ein Versuch, welchen Saussure

im Chaumounithale sah. Getreidefelder kommen in der nördlichen Schweiz bis zu einer Höhe von etwa 3400 Fuß vor, doch kann man mit Sicherheit nur etwa bis zu einer Höhe von 2700 Fuß auf die Erndte rechnen. Der Mais zeigt sich bis etwa 2650 Fuß. Jedoch auch hier haben die Localitäten einen großen Einfluß. So findet im Lugnezthale der Getreidebau bis zum Dorfe Vein in einer Höhe von 4650 Fuß Statt, aber dieses Thal hat den ganzen Tag hindurch Sonnenschein. Auf der nördlichen Seite des Monte Rosa verschwindet die Gerste in einer Höhe von 4000 Fuß, auf seiner Südseite erhebt sie sich an einzelnen Stellen bis zu etwa 6000 Fuß. Auch die Obstbäume zeigen ähnliche Verhältnisse: Äpfel und Birnen verschwinden in der nördlichen Schweiz in 2700 Fuß Höhe, nur in einzelnen günstigen Localitäten, wie bei Dissentis, erheben sie sich bis 3300 Fuß. Kirichen steigen im Allgemeinen höher, die letzten freistehenden Bäume zeigen sich auf dem Rigi am Unter-Dächli (2935 Fuß), und nur mit Mühe ziehen die Kapuziner daselbst an den Mauern des Klosters Maria zum Schnee (4035 Fuß) einige Stämme an Epalieren, welche nicht immer reife Früchte tragen. Die Wallnüsse, welche in den Thälern prächtige Bäume bilden, verschwinden in einer Höhe von 2500 Fuß; die eßbaren Kastanien (*Castanea vesca*), welche vorzugsweise die Ebenen lieben, die sich am Fuße steiler Gebirge zeigen, verschwinden in einer Höhe von 2400 Fuß. Wir können demnach die Höhe von 2700 Fuß in den Alpen als die Gränze der Cultur ansehen.

Es bedarf wohl kaum einer Erwähnung, daß diese Gränze in verschiedenen Gegenden eine ungleiche Höhe habe. So liegt dieselbe in Lappland nur wenige hundert Fuß über dem Meere und selbst hier reift das Korn nicht immer. In Südamerica dagegen erhebt sich der Mais (*Zea Mais*) bis zu einer Höhe von 7200 Fuß, ist jedoch nur zwischen den Höhen von 3000 und 6000 Fuß vorherrschend; von 6000 bis 9240 Fuß herrschen die europäischen Getreidearten, und zwar in den tieferen Regionen der Weizen und in den höheren der Roggen und die Gerste; von 9240 bis 12300 Fuß werden nur Kartoffeln gebaut.

Da wo in der Schweiz bis zu der erwähnten Culturgränze der Boden eine Bearbeitung gestattet, finden wir ihn von Menschen benutzt; nur steile, felsige Anhöhen sind meistens mit Wäld-

bern bedeckt, jedoch erhalten diese immer mehr das Uebergewicht, je höher wir steigen, bis wir in einen ausgedehnten Waldgürtel treten. Aber mit der Höhe ändert sich das Ansehen der Bäume, nicht bloß wird ihre Höhe geringer, sondern auch die ganze Haltung ist von der in der Tiefe verschieden. Die schlankes Lanne (*Pinus Abies*) ähnelt einer Pyramide, die Äste kriechen am Boden fort, von der Wärme angezogen, welche letzterer bei heiterm Wetter erhält, bis wir endlich nur noch Sträucher finden. Auch der innere Bau des Holzes weicht in der Höhe von dem in der Tiefe ab. Es ist härter und fester, dabei sind die Jahresringe dichter gedrängt, so daß ich einst in einem Lannensäule von ungefähr einem Zoll Durchmesser etwa 60 Jahresringe zählte. Endlich verschwinden die Bäume ganz; für die Lanne Alpen beträgt diese Gränze für die Buche 4000, für die Lanne 5500 Fuß. Auf der Südseite des Monte Rosa steigt die Waldregion bis zu etwa 7000 Fuß Höhe, und hier finden wir noch Färchen und verschiedene Fichtenarten (*Pinus larix*, *P. picea*, *P. cembra*), Erlen (*Alnus glutinosa* und *A. viridis*), so wie Birken (*Betula alnifolia*) hochstämmig, auf der Nordseite dieses Berges erhebt sich die Lanne nur bis 6000 Fuß. Die letzten Bäume sind übrigens nicht in allen Gebirgen dieselben. So endigt die Waldregion auf der Nordseite der Alpen mit Lannen, in dem südlichen Theile dieses Gebirges mit Färchen, am Ararat mit Bieken in 7800 Fuß, im Caucasus mit denselben in 6300 Fuß, auf der Südseite der Pyrenäen mit Weißtannen in 6900 Fuß, auf der Nordseite derselben mit Fichten in 6450 Fuß. Auch in Lappland ist die Birke (*Betula alba*) der letzte Baum in etwa 1800 Fuß Höhe.

Ueber der Waldregion finden wir zunächst die Sträucher in der Region des Krummholzes, in den Alpen sind es verkriechende Weiden, Erlen, Wachholder und Alpenrosen; in den Karpathen zeichnet sich diese Region durch eine eigene Fichtenart (*Pinus Muglus*) aus, am Ararat ist ebenfalls Wachholder (*Juniperus oxycedrus*) neben dem *Cotoneaster umiflora* am häufigsten.

Dieser Waldgürtel und die über ihm liegenden Gegenden sind es auch, welche zu der eigentlichen Alpenwirthschaft benutzt werden, indem zahllose Heerden im Anfange des Sommers dahin getrieben werden und mit der Zunahme der Wärme immer

höher steigen. So ist es auch noch in den Gebirgen Scandinaviens der Fall, nur sind hier die Weiden auf einen weit kleineren Raum eingeschränkt und im nördlichen Theile dieses Gebirges geben sie den Rennthierherden der Lappen nur eine spärliche Nahrung.

Das Krummholz verschwindet in den Alpen in Höhen, die gegen 7000 Fuß erreichen, nur einzelne zollhohe Weiden erstrecken sich bis etwa 8000 Fuß oder noch höher (*Salix retusa*, *herbacea*, *reticulata*); krautartige Gewächse, besonders Gräser bedecken den Boden. Unter ihnen fallen besonders die Aretien (*Aretia helvetica*, *pyrenaica*), die schön rosenrothe stiellose Silene (*Silene acaulis*), verschiedene Saxifragen (*Saxifraga bryoides*, *autumnalis*), Enziane (*Gentiana bavarica*, *verna*, *glacialis* und *nivalis*) durch Schönheit der Farben und geselliges Zusammenleben auf. Daneben stehen mehr isolirt das breitblättrige Hornkraut (*Cerastium latifolium*), mehrere Arten von Löwenfuß (*Alchemilla alpina*, *A. pentaphylla*, *var. lissa*), von Kapwurz (*Phyteuma hemisphaericum*, *pauciflorum*) und neben den Schneestellen eine Ranunkelart (*Ranunculus glacialis*).

Je höher wir uns erheben, desto geringer wird die Zahl der Pflanzen, desto kleiner wird namentlich die Zahl der Phanerogamen in Vergleich zu den Cryptogamen. Am Montblanc fand Saussure als letzte Pflanze die *Silene acaulis* in einer Höhe von 10680 Fuß. Noch höher steigen nach Welden am Monte Rosa *Pyrethrum alpinum* mit mehreren Zoll langem Stengel, und *Phyteuma pauciflorum*, indem er diese auf der sogenannten Nase mitten im großen Eysglätscher noch in 11340 Fuß Höhe antraf. Später, bis dahin, wo alles organische Leben erstarrt, finden wir nur noch Moose und Flechten, welche das Gestein überziehen.

Ich will hier nicht dabei verweilen, eine vollständige Aufzählung der einer Region eigenthümlichen Pflanzen zu geben; ich habe mich darauf eingeschränkt, einige von denen zu nennen, welche durch ihre Farbe, Häufigkeit oder Localität auffallen. Ich will nur noch einige Bemerkungen über die Haltung dieser Pflanzen hinzufügen.

Nur wenige Pflanzen steigen in der Schweiz von den Ebenen bis zu den höchsten Alpen aufwärts; geschieht dieses aber, so ändert sich auch meistens das Ansehen. Einzelne Pflanzen

widerstehen freilich den äußeren Einflüssen: so erwähnt Ramond, daß der Frühlings-Enzian (*Gentiana verna*) in den Pyrenäen in allen Höhen fast einerlei Ansehen und Größe habe. Doch sind dieses nur einzelne Ausnahmen. Gewöhnlich wird eine Pflanze, welche in den Ebenen ein stattliches Ansehen hat, desto kleiner und verkrüppelter, je höher wir steigen. So fand ich die bepuderte Primel (*Primula farinosa*) auf den Wiesen bei Zürich mehr als einen halben Fuß hoch, die Blätter der wurzelständigen Rosette nach oben gerichtet und auf dem Stengel eine fast rosenfarbene Blüthe. Auf dem Rigi war die Rosette mehr ausgebreitet, der Stiel 3 bis 4 Zoll hoch, die Dolde dunkler gefärbt. Auf dem Gaultorne (8200 Fuß) war die ganze Pflanze etwa einen Zoll hoch, die Rosette froh am Boden fort und bei manchen Exemplaren war die Dolde der Wurzel so nahe, daß aus dieser zwei Stengel hervorkamen.

Mit diesem äußern Ansehen laufen auch im Allgemeinen die anatomischen und physiologischen Verhältnisse parallel. Die Blätter, welche sich in der Nähe des Bodens ausbreiten, um möglichst viel Antheil an der Wärme zu erlangen, welche jener von den Sonnenstrahlen erhält, werden nicht nur kleiner, sondern sie verlieren ihr saftig grünes Ansehen und bekommen mehr das Ansehen einer Membran. Haben sie in tieferen Gegenden etwa Drüsen, so verwandeln sich letztere in der Höhe nicht selten in Haare. Die Wurzeln dagegen sind nicht selten sehr stark und groß. Nur die Blüthe hat allenthalben nahe dieselben Dimensionen, ihre Größe fällt daher in Vergleich zu der ganzen Pflanze in der Höhe weit mehr auf, als unten, dabei wird wegen der mächtigen Einwirkung des Sonnenlichtes die Farbe der Blüthe dunkler. Den meisten Reisenden fällt die dunklere Färbung des Bergfarnmeinnicht (*Myosotis palustris* und *sylvestris*) auf, und die in den höchsten Regionen vorkommende Art dieser Pflanze (*Myosotis nana*) ist ungemein satt gefärbt.

Ein anderer Unterschied zwischen Pflanzen in Höhe und Tiefe zeigt sich in der Lebensdauer der Gewächse. Sondern wir diejenigen Pflanzen, welche im ersten oder zweiten Jahre zur Blüthe gelangen, Saamen tragen und dann gänzlich absterben, von den perennirenden ab, so wird das Uebergewicht der letzteren desto bedeutender, je höher wir uns erheben; in den höchsten

Regionen der Alpen fehlen die einjährigen ganz, und selbst in den mittleren Regionen zeigen sich manche von ihnen meistens nur in der Nähe von Sennhütten, sind also durch Menschen dahin gebracht. Wären hier auch einjährige Pflanzen vorhanden, so würde der Saame derselben nicht reifen, wofern der Herbst frühzeitig einträte, und wenn sich dieses mehrere Jahre wiederholte, so würden die Pflanzen ganz aussterben. Bei den perennirenden Gewächsen dagegen ist die vollständige Entwicklung des Saamens keine wesentliche Bedingung zur Fortdauer; entweder sterben die Stengel der Pflanze ab und brechen im nächsten Jahre aufs Neue aus der Wurzel hervor, oder die Stengel widerstehen der Kälte und gleichzeitig erscheint im nächsten Jahre aus einem andern Theile der Wurzel ein neues Pflänzchen. Daran schließt sich eine andere Thatsache, welche wir bei den Alpenpflanzen häufig bemerken; die Aeste nämlich, welche an der Erde fort kriechen, schlagen nicht selten in einiger Entfernung von der Mutterpflanze neue Wurzeln, aus denen dann junge Pflanzen entstehen, die meistens noch mit den alten verbunden sind. So entstehen hier dichte Rasen, welche so fest verfilzt sind, daß der Botaniker sich genöthigt sieht, die ganze Masse herauszuheben, aus welcher sich dann nur mit Mühe einzelne vollständige Exemplare herausnehmen lassen. Sehr auffallend zeigten dieses einige Aretien, am schönsten aber sieht man dieses in den Alpen und Pyrenäen an der *Silene acaulis*, einer Pflanze, von deren prachtvollem Ansehen sich nach *Ramond's* richtiger Bemerkung Niemand einen Begriff machen kann, der sie nicht in ihrer eigentlichen Heimath auf dem Hochgebirge in voller Blüthe gesehen hat.

Schneegränze.

Selbst mitten im Sommer, wo in den Ebenen reichliche Regen fallen, erscheint der Niederschlag auf den höheren Bergen nicht selten als Schnee oder Graupeln. So hatte ich selbst auf dem nur 5000 Fuß hohen Rigi mehrmals heftige Graupelschauer, aber keine tausend Fuß unter mir bemerkte ich keine Spur mehr von der weißen Färbung der Felswände, und in den am Fuße liegenden Orten hatte es nur geregnet. Eben so erlebte ich in der Tiefe mehrere heftige Gewitterregen; so wie sich jedoch die Wol-

ken verzogen und das Gebirge aufs Neue erschien, so war es bis zu bedeutender Tiefe mit frisch gefallenem Schnee bedeckt. Und dieses Phänomen wiederholt sich nach einer Mittheilung des Herrn v. Charpentier fast nach jedem Gewitter.

Diese Schneemassen, welche im Sommer herabfallen, weichen freilich in kurzer Zeit den auf sie einwirkenden Sonnenstrahlen und den Regen, welche zu andern Zeiten herabstürzen. Aber in den höchsten Regionen der Alpen und anderer Gebirge ist die Schneemasse nicht selten so groß, daß keine Kraft denselben zu schmelzen vermag; wir finden hier ewigen Schnee. Die Höhe, über welcher der Schnee nicht mehr geschmolzen wird, ist in jedem Gebirge eine ziemlich bestimmte Größe und wird mit dem Namen Schneegränze bezeichnet. Ehe ich jedoch die Lage derselben in verschiedenen Gegenden der Erde angebe, scheint es mir erforderlich, den oft nicht beachteten Unterschied zwischen ewigem Schnee und Glätschern hervorzuheben.

Betrachtet man ein größeres Gebirge, wie z. B. die Alpen, im Sommer von einem entfernteren Standpunkte (Rigi oder Weissenstein bei Solothurn), so unterscheidet man deutlich in der Tiefe die Region der Cultur, darüber den Waldgürtel, späterhin die ausgedehnten Weiden und über diesen die Region des Schnees. Die untere Gränze derselben erscheint ziemlich scharf als horizontale Linie, nur an einzelnen Stellen ziehen sich von ihr unregelmäßige weiße Streifen bis zu bedeutender Tiefe herab; diese Streifen, welche deutlich in Thälern liegen, bilden die Glätscher.

Wenn man den Glätscher näher betrachtet, so findet man, daß er ganz aus Eis, keinesweges aber aus Schnee besteht, und daß diese Masse oft rings von Getreidefeldern umgeben ist. Dieses Eis bildet aber nicht die zusammenhängenden, durchsichtigen Massen, wie es uns das auf den Flüssen gebildete Eis zeigt, vielmehr läßt es sich mit der größten Leichtigkeit in Körner zer schlagen, welche einzeln im hohen Grade durchsichtig, aber von einander durch geringe Zwischenräume getrennt sind. Dadurch, daß die ganze Eismasse nur aus solchen Körnern besteht, wird es uns möglich, mit Leichtigkeit auf den Glätscher zu gehen. In der Tiefe haben diese Körner etwa die Größe einer Wallnuß; so wie wir jedoch höher steigen, werden sie kleiner, bis sie in der

Höhe von 8000 Fuß etwa die Größe von Erbsen haben; die Oberfläche des Glätschers bildet hier nicht mehr die compacte Masse, als in der Tiefe, bei schönem Sonnenschein sinkt man in sie wie in lockern Sand ein; diese lockere Masse hat den Namen Firn, sie wird immer kleiner und in den höchsten Regionen geht sie allmählich in Schnee über; selbst wenn die Oberfläche mit Firn bedeckt ist, treffen wir in der Tiefe einiger Zolle eigentlichen Schnee.

Diese Firnmasse ist aus dem Schnee entstanden, und ich hatte im Jahre 1833 Gelegenheit, die Bildung derselben sehr deutlich zu verfolgen. Im August und noch mehr im Anfange des Septembers fielen auf dem Faulhorne ungeheure Schneemassen, an manchen Stellen lag er neben dem Wirthshause mehr als 6 Fuß hoch. Der Schnee selbst bestand entweder aus regelmäßigen Krystallen, oder Spiegein, welche scheinbar von dem Mittelpunkte einer Kugel nach allen Seiten ausliefen. Es folgte nun einige Zeit schönes heiteres Wetter; obgleich das Thermometer sich selbst bei Tage im Schatten wenig vom Gefrierpunkte entfernte, wirkte doch die Sonne mit ungeheurer Mächtigkeit auf den Schnee, dieser ward am ersten Tage etwa bis zur Tiefe eines Zolles vom Wasser durchdrungen. Am folgenden Morgen hatte sich eine unregelmäßige glänzende Eiskrinde gebildet, die sich jedoch mit Leichtigkeit eindrücken ließ. Raum aber hatte die Sonne einige Zeit darauf eingewirkt, so war der Zusammenhang der Theile verschwunden, und bis zur Dicke weniger Linien lagen auf der Oberfläche des eigentlichen Schnees durchsichtige Eiskügelchen von der Größe von Hirsekörnern. Mehrere Tage wiederholte sich der Vorgang, aber dann war am Morgen die Eiskrinde so fest, daß ich darauf stehen konnte, die Firnkörner lagen mehrere Zoll hoch über dem Schnee, dabei hatten sie an der Oberfläche die Größe kleiner Erbsen erlangt und wurden nach unten kleiner. Leider konnte ich den Vorgang nicht bis zu größerer Tiefe verfolgen, da neue Schneemassen die früheren bedeckten und nur eine Wiederholung des eben beschriebenen Processes zeigten.

Es ist dieser Uebergang von Schnee in Firn ein ähnlicher Vorgang, als wir ihn bei vielen künstlichen Krystallisationen wahrnehmen können. Man nehme irgend ein Salz, welches von

warmem Wasser in größerer Menge aufgelöst wird, als von kaltem, etwa Salpeter; schütte darüber Wasser und erwärme dieses unter öfterem Umrühren so weit, daß seine Temperatur einige Grade die des Zimmers übersteigt, in welchem der Versuch gemacht wird. Hat man die Flüssigkeit eine oder mehrere Stunden in dieser Temperatur erhalten, so gieße man die Lösung von dem ungelösten Salpeter in eine flache Schale. So wie jene nun erkaltet, bildet sich eine Menge kleiner aber ungleich großer Krystalle, welche sich vom Rande der Flüssigkeit in Gestalt von Spiegein nach verschiedenen Richtungen ausbreiten. Hat das Ganze mehrere Stunden die Temperatur des Zimmers gehabt, so erwärme man behutsam die Lösung um wenige Grade, so werden jetzt, wo das Wasser mehr Salpeter in sich aufnehmen kann, als bei der niedrigen Temperatur, die größeren Krystalle kleiner, die kleinen dagegen verschwinden ganz. Wenn bei der nun folgenden Erkaltung das Wasser wieder einen Theil des Salpeters abgibt, bilden sich zwar wieder kleine Krystalle, vorzugsweise aber legen sich die kleinsten Theile an die schon vorhandenen größeren an. Wenn man diesen Versuch öfter wiederholt, so wird zwar jedes Mal die Zahl der Krystalle kleiner, aber die Dimensionen derselben nehmen schnell zu.

Ganz etwas Aehnliches gilt von der Entstehung der Firnmasse und des Glätschereises. Man denke sich in den Alpen zwei Berge von mehr als 8000 Fuß Höhe, zwischen denen ein Thal mit Schnelligkeit in die Tiefe stürzt. Die bedeutenden Schneemassen des Winters werden theils durch Winde, theils durch Lawinen in das Thal gestürzt; erst spät im Frühlinge wird die Wärme in der Höhe so bedeutend, daß die Sonne auf den Schnee einzuwirken vermag. Das durch Schmelzen gebildete Wasser dringt mit Schnelligkeit in die Zwischenräume zwischen den einzelnen Krystallen und füllt diese mit kleinen Luftblasen abwechselnd ganz aus. Wenn es in der folgenden Nacht friert, eine Erscheinung, die sich bei heiterm Wetter in diesen Regionen den ganzen Sommer hindurch oft wiederholt, dann verbindet sich das Wasser mit den Schneeflocken, mit denen es in Berührung steht, letztere selbst werden in Körner von durchsichtigem Eis verwandelt; die vorhandenen Luftblasen sind Ursache, daß die ganze Oberfläche sich nicht in eine compacte Masse verwandelt. Wiederholt sich am folgen-

den Tage die Einwirkung der Sonne, so wird die Rinde bald aufgelockert, es werden einige der Körner geschmolzen, aber vorzugsweise sind es die kleineren, welche sich in Wasser verwandeln, und dieses verbindet sich in folgender Nacht mit den noch übrig gebliebenen und vergrößert die Dimensionen von diesen. War die im Winter angehäuften Schneemasse bedeutend und der nun folgende Sommer vielleicht nicht sehr warm, so wird sie nicht immer ganz geschmolzen, sondern nur in eine Firnmasse verwandelt, deren Größe durch den Schnee des nächsten Winters bedeutend vergrößert wird. Wiederholt sich der Vorgang mehrere Jahre, so entsteht hier ein neuer Glätscher, wie man dieses in den Alpen öfter beobachtet hat. Dabei nehmen nach und nach die Dimensionen der Eiskörner zu, und wenn auch noch immer die einzelnen derselben durch Luftbläschen getrennt bleiben, so greifen die unregelmäßigen Erhöhungen einiger so in die Vertiefungen zwischen andern, daß das Ganze eine compacte Masse bildet. Doch bleibt dieser Körper nicht auf der Stelle, auf welcher er in dem angenommenen engen Thale entstand. Stand er zuerst mit den Wänden desselben in Berührung, so wird der an den letzteren liegende Schnee bald weggeschmolzen, das von den Höhen herabkommende Wasser tritt stellenweise unter die Schnee- und Eismasse und zerstört hier und da die Basis derselben theils durch eigentliches Schmelzen, theils durch mechanisches Fortreißen. Das Ganze berührt nicht mehr allenthalben den Boden, Kanäle von unregelmäßiger Gestalt sind mit Wasser gefüllt, welches bald frei abfließt, bald durch losgerissene Eismassen sich selbst den Ausgang versperrt und nun einen Druck nach oben ausübt. Auch die obere Schneemasse sucht auf der häufig sehr geneigten Basis sich nach unten zu bewegen: so wird das auf einzelnen Füßen stehende Eis vielfach gedrängt, es entstehen Risse und Spalten, welche sich von oben nach unten erstrecken und in welche das Wasser stürzt, welches durch Einwirkung der Sonne auf der Oberfläche gebildet wird. Geschieht dieses erst, so wird die Basis noch mehr angegriffen, besonders scheint dieses dann der Fall zu seyn, wenn mehrere sehr kalte Nächte folgen, wo das Wasser stellenweise gefriert und bei seiner Verwandlung in Eis sich ausdehnt, und dadurch die schmaleren Spalten wie ein hineingetriebener Keil erweitert, während die zuerst genannten Ursachen besonders bei

anhaltend warmem Wetter thätig sind. So arbeitet also alles dahin, die Glätschermasse nach unten zu bewegen, zuerst wird sie in eine Menge einzelner Blöcke von größeren oder geringeren Dimensionen zerrissen, wobei sich ein donnerähnliches Getöse hören läßt, und diese Blöcke werden dann mit Leichtigkeit langsam fortgeschoben. Daher finden wir dann in den steilen Thälern diese ewigen Eismassen, während die begrenzenden Bergwände mit kräftigen Wäldern und dem üppigsten Grün bezogen sind. Begreiflich aber wird es, daß diese Glätscher sich in ähnlich gebildeten Thälern desto mehr in die Tiefe erstrecken müssen, je höher die umliegenden Berge sich in die Region der Wolken erheben; hier sind die Schneemassen, welche durch Winde und Lawinen in die Tiefe geführt werden, größer, hter ist ferner der Druck des Schnees, so wie die Masse des unter dem Glätscher wegfließenden Wassers bedeutender, die große Eismasse erfordert also längere Zeit zum gänzlichen Wegschmelzen, und so kann sie nach tiefer und wärmer liegenden Regionen kommen, ehe sie ganz verschwindet. Da das Eis am untern Ende der Glätscher so wie die Reihe von Jahren hindurch die Wärme des Sommers so wie die Kälte des Winters empfunden hat, so ist durch die häufige Wiederholung des partiellen Thauens und Gefrierens das Volumen der Krystalle so groß geworden, wie wir es unten beobachten.

Da die Glätcher dem Gesagten zufolge nur locale Phänomene sind, da die Erfahrung ferner zeigt, daß ihr unteres Ende im Allgemeinen desto tiefer liegt, je höher die umgebenden Berge sind; so müssen wir sie bei Bestimmung der Schneelinie ganz übersehen. Nur da, wo der Schnee auf kleinen Bergebenen oder wenig geneigten Flächen noch am Ende des Sommers ansängt liegen zu bleiben, darf letztere Größe aufgesucht werden. Soll sie für irgend ein Gebirge hinreichend scharf angegeben werden, so müssen die Messungen an verschiedenen Stellen und in verschiedenen Jahren wiederholt werden; denn mehr oder weniger große Neigung der Abhänge, verschiedene Lage gegen die Sonne, mehr oder weniger schneereiche Winter, kältere oder wärmere Sommer werden Ursache seyn, daß die Gränze des ewigen Schnees bald höher, bald tiefer liegt. Daher kann nur eine öftere Wiederholung der Messung scharfe Resultate geben. Sollten spätere Erfahrungen die von Hugi gemachte Bemerkung

Grade über den Gefrierpunkt, aber der Schnee behält die Temperatur des letztern. Die Zeit, welche zu diesem Vorgange erforderlich ist, hängt im Allgemeinen von der Temperatur im übrigen Theile des Zimmers und der Menge des Schnees ab, und so kann es wohl geschehen, daß in einem mäßig warmen Zimmer eine geringe Schneemenge weit früher geschmolzen wird, als eine größere Menge in einem heißen Zimmer.

Da die Höhe der Schneelinie zugleich durch die im Winter gefallene Schneemenge und durch die Wärme des Sommers bestimmt wird, so leuchtet von selbst ein, daß sie im Innern der Continente höher liegen müsse, als bei einerlei Breite in der Nähe der Küsten. Nicht bloß fällt dort weniger Schnee als hier, sondern die Wärme des Sommers ist auch größer. So liegt sie z. B. im Caucasus fast 2000 Fuß höher als in den Pyrenäen, eben so fand Wahlenberg in den lappländischen Alpen die Schneegränze auf der Norwegischen Seite in 516, auf der Schwedischen in 643 Toisen, und ganz dasselbe beobachteten Schouw und Smith in Bergens Stift.

Sehr auffallend aber ist dieser Gegensatz auf den beiden Seiten des Himalaya. Humboldt, welchem wir eine sehr lehrreiche Arbeit über diesen Gegenstand verdanken, glaubte dieselbe auf der Südseite dieses Gebirges zu 1900 Toisen annehmen zu müssen. Später fand der Engländer Webb bei Kedarnath (1875 Toisen) und Milem (1853 Toisen) noch Föhren und andere Bäume nebst Alpenrosen, und in 1986 Toisen noch eine üppige Vegetation, demnach müssen wir die Schneegränze vielleicht in eine Höhe von 2000 Toisen verlegen. Ungeachtet der etwas größern nördlichen Breite liegt die Schneegränze auf der nördlichen Seite des Himalaya nicht nur höher als auf der südlichen, sondern ihre Höhe übersteigt noch diejenige, welche die Messungen in Südamerika für den Aequator geben; nach den wenigen vorhandenen Thatfachen müssen wir dieselbe hier zu wenigstens 2600 Toisen, also fast 4000 Fuß mehr als auf der Südseite, annehmen.

Der Grund dieser bedeutenden Differenz liegt in dem Wechsel der Mouffons. Nördlich vom Himalaya liegt ein weit ausgedehntes Hochland, welches mit Sand und Kollkieseln bedeckt, zum großen Theil den Charakter der Wüste trägt. Der Gegen-

satz zwischen der Temperatur über dieser Wüste und dem südlich liegenden Meere erzeugt nach dem früher Gesagten die Mouffons. Gegen die nördlichen Abhänge des Himalaya werden also heiße Landwinde, gegen die südlicheren kühle Seewinde wehen. Die Depression der Schneegränze auf der Südseite wird noch dadurch erhöht, daß gerade im Sommer diese Seewinde als SW-Mouffon vorherrschen, daß die von ihnen herbeigeführten Dämpfe an der Bergkette condensirt werden und nun als Wolken und Nebel die Einwirkung der Sonne auf das Schneeschmelzen verhindern, während auf der Nordseite alsdann wahrscheinlich häufig heiterer Himmel vorherrscht. Dazu gesellt sich endlich noch der Umstand, daß die nördliche continentale Seite wahrscheinlich weit weniger Schnee während des Winters erhält, als die südliche, und daß also auch dadurch der Schnee bis zu weit bedeutenderen Höhen verschwinden kann.

Fünfter Abschnitt.

Schwankungen des Barometers.

Schwere der Luft.

Wenn man die Geschichte der Naturwissenschaften studirt, so findet man nicht selten, daß ein älterer Forscher eine richtige Ansicht hatte, und Versuche anstellte, um diese zu prüfen; waren diese jedoch vielleicht wenig zweckmäßig angeordnet, dann folgerte er daraus nicht selten das Gegentheil von dem gewöhnlichen Gesetze der Natur. Ein auffallendes Beispiel dieser Art liefern uns die Ansichten über die Materialität der Luft. Aristoteles hielt es für wahrscheinlich, daß die Luft schwer sey, und stellte zur Prüfung dieser Ansicht den folgenden Versuch an. Ein Schlauch ward luftleer gewogen und dann sein Gewicht wieder bestimmt, wenn er voller Luft war. Wenn also, so folgerte Aristoteles, die Luft wirklich schwer war, so mußte der Schlauch im zweiten Falle mehr wiegen, als im ersten; die Erfahrung aber zeigte dieses nicht, und so wurde angenommen, daß die Luft nicht schwer wäre. Manche Philosophen des Alterthums nahmen jedoch die Materialität der Luft als Thatsache an; namentlich verglichen die Anhänger Epicurs die Wirkungen der Winde mit denen von strömendem Wasser, und folgerten daraus, daß die Elemente der Luft aus unsichtbaren Körpern (*corpora caeca* bei Lucretius) beständen.

Bei dem großen Uebergewichte indessen, welches in der Folge die Satzungen des Aristoteles und seiner Schule erlangten, und bei dem allgemeinen Mißverständnisse eines großen Theils ihrer Schriften, wurde der Satz angenommen, die Luft sey

nicht schwer, und nach dem Wiederaufleben der Wissenschaften konnten sich nur wenige Philosophen über diese Ansicht erheben. Um das Jahr 1640 indessen wurden von Torricelli und Guericke fast gleichzeitig Versuche angestellt, wodurch die Schwere der Luft nachgewiesen wurde. Das Verfahren von Guericke vermittelt der Luftpumpe ist unstreitig dasjenige, welches die Schwere der Atmosphäre aufs Bestimmteste nachweist.

Man nehme ein kugelförmiges Glasgefäß, etwa von der Größe eines Kubikfußes, und versehe es mit einem Hahne, so daß man es willkürlich verschließen kann. Das Gefäß werde auf einer empfindlichen Waage abgewogen. Hierauf setze man es auf eine gut wirkende Luftpumpe; ist die Luft so vollkommen als möglich entfernt, so schließe man den Hahn und wiege jetzt das Gefäß aufs Neue ab. Das Gewicht ist jetzt fast 3 Loth kleiner als vorher; lassen wir das Gefäß an der Waage und öffnen den Hahn, so strömt die Luft zischend in den leeren Raum, gleichzeitig wird das Gleichgewicht an der Wage aufgehoben, das Gefäß wird schwerer und erlangt dasselbe Gewicht wieder, welches es anfänglich hatte.

So wie Guericke also die von Aristoteles beabsichtigte Wägung der Luft auf eine zweckmäßigere Weise versuchte, überzeugte er sich auch von dem Gewichte derselben. Der Grund, weshalb Aristoteles das Gegentheil fand, liegt in einer Eigenschaft, welche alle Flüssigkeiten besitzen, wenn Körper in ihnen abgewogen werden. Diese Körper nämlich verlieren beim Abwiegen in denselben eben so viel an Gewicht, als das Gewicht einer Masse dieser Flüssigkeit, deren Größe genau der ihrigen gleich ist, oder welche sie beim Eintauchen verdrängt haben. Man nehme ein Stück Eisen, wiege es in der Luft möglichst sorgfältig ab, und hänge es nun vermittelst eines sehr feinen Drahtes oder Haares so unter der einen Schale auf, daß es in einem Gefäße Wasser untertauchen kann; ist dieses der Fall, so ist sein Gewicht nur etwa $\frac{1}{7}$ bis $\frac{2}{7}$ dessen, wo die Wägung in der Luft vorgenommen wurde. Eine genauere Untersuchung zeigt aber, daß dieser Gewichtsverlust genau so groß ist, als das Gewicht der Wassermasse, welche das Eisen beim Eintauchen verdrängte. Man fülle eine kleine Glasflasche mit genau schließendem Glasstöpsel ganz voll Wasser, und nachdem man sie sorgfältig abge-

trocknet hat, stelle man sie neben das Stück Eisen auf die Waage. Ist das Gewicht beider sorgfältig bestimmt, so werfe man das Eisen in die Flasche, offenbar treibt dieses jetzt eine Wassermasse aus, deren Größe genau der seinigen gleich ist. Wird die Wägung jetzt nach dem Abtrocknen der Flasche wiederholt, so ist das Gewicht offenbar um das der ausgeflossenen Wassermenge kleiner, dieser Verlust aber ist genau gleich dem, welchen wir fanden, als das Eisen in dem Wasser abgewogen wurde.

Da es nun durch den Versuch von Guericke erwiesen ist, daß die Luft schwer sey, so müssen auch alle Körper, welche wir in ihr abwägen, eben so viel an ihrem Gewichte verlieren, als die verdrängte Luftmasse wog. Der Schlauch, welchen Aristoteles durch Zusammendrücken ganz luftleer gemacht hatte, wog eine gewisse Größe, er würde aber noch mehr gewogen haben, wäre es möglich gewesen, ihn im luftleeren Raume abzuwiegen. Wurde nun in den Schlauch etwa ein Kubikfuß Luft geblasen, so war allerdings sein Gewicht um nahe 3 Loth größer geworden, gleichzeitig aber hatte sich der Schlauch selbst ausgedehnt, war einen Kubikfuß größer geworden und verdrängte eine eben so große Luftmasse mehr. Daher wurde auch sein Gewichtsverlust um 3 Loth größer. Was er daher einerseits durch Hineinblasen der Luft schwerer geworden war, wurde er durch Vermehrung des Gewichtsverlustes leichter, und so mußte er eben so viel wiegen, als der leere. In dem Versuche Guericke's aber behielt das Gefäß stets dieselbe Größe, mochte es Luft enthalten oder nicht, und da mithin der Gewichtsverlust beim Abwiegen in der Luft in beiden Fällen derselbe blieb, so mußte sich ein Unterschied zeigen, wenn die Luft wirklich ein schwerer Körper war.

Barometer.

Schon früher hatte Torricelli einen andern Versuch gemacht, welcher zwar die Schwere der Luft ebenfalls bewies, aber auf eine weniger directe Weise. Man nehme z. B. eine Barometerröhre, welche eine Länge von mehreren Fuß hat und an dem einen Ende völlig zugeschmolzen ist. Wird diese Röhre ganz mit Quecksilber gefüllt und nun mit dem offenen Ende in ein mit demselben Metalle gefülltes Gefäß gestellt, so füllt letzteres nicht mehr die ganze Röhre, sondern sinkt so weit herab,

daß seine Oberfläche in der Röhre am Ufer des Meeres etwa 28 Zoll über der im Gefäße liegt. Neigen wir die Röhre gegen die senkrechte Richtung, so wird zwar die Länge der Quecksilbersäule länger, aber stets bleibt die verticale Höhe ihrer Oberfläche über der im Gefäße unverändert. Hätten wir den Versuch in einer hinreichend langen Röhre mit Wasser vorgenommen, so würde dieses eine Höhe von etwa $31\frac{1}{2}$ Fuß erlangt haben; es ist würde dieses eine Höhe von etwa 13,5 Mal größer als die der demnach die Länge der Wassersäule 13,5 Mal größer als die der Quecksilbersäule, und da das Quecksilber 13,5 Mal dichter ist als Wasser, so zeigt dieser Versuch, daß die Längen der Säulen sich umgekehrt verhalten wie die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten.

Nachdem Torricelli dieses Verhältniß aufgefunden hatte, so folgerte er, daß das Quecksilber in der Röhre vom Drucke der Luft am gänglichen Ausfließen in das Gefäß verhindert würde, und er nannte deshalb den Apparat Barometer, von dem griechischen βάρος (Schwere, Druck) und μέτρον (das Maas); die Höhe der Quecksilbersäule in der verschlossenen Röhre über der Oberfläche dieses Metalles in dem Gefäße nannte er Barometerstand, Barometerhöhe. Bei dieser Folgerung aus dem obigen Versuche stützte er sich auf bekannte Thatfachen, welche Flüssigkeiten zeigen, wenn sie sich in verschiedenen Gefäßen befinden, die durch Röhren mit einander verbunden sind und deshalb communicirende Röhren heißen. Man biege z. B. eine etwas weite Barometerröhre zu zwei parallelen Schenkeln, und gieße in den einen Schenkel Wasser, so fließt dieses auch in den andern, und wenn das Ganze zur Ruhe gekommen ist, so liegen die Oberflächen in beiden Schenkeln in derselben Horizontalebene. Welche Flüssigkeit wir auch anwenden mögen, stets zeigt sich dasselbe Phänomen, selbst dann, wenn die eine dieser Röhren einen Durchmesser von vielen Zollen oder selbst Fuß hat, die andere aber nur wenige Linien breit ist. Gießen wir aber zuerst Quecksilber hinein und darauf in den einen Schenkel Wasser, so ändert sich die Erscheinung; die Oberfläche des Quecksilbers steht in demjenigen Schenkel, in welchem sich zugleich Wasser befindet, tiefer als in dem andern, und dieses wieder tiefer als das Wasser. Wenn wir jedoch durch die Gränze, wo Wasser und Quecksilber sich in dem einen Schenkel berühren, eine Horizontalebene legen und die Höhe der Quecksilbersäule über dieser Ebene im zweiten Schenkel

fel auffuchen, so finden wir, daß diese $15\frac{1}{2}$ Mal kleiner ist, als die Höhe der Wassersäule. Wiederholen wir den Versuch mit andern Flüssigkeiten, welche keine chemische Verbindung eingehen, so finden wir allgemein den Satz, daß die Höhen der Säulen, welche über der Trennungsgrenze beider Flüssigkeiten in dem einen Schenkel liegen, sich umgekehrt verhalten wie die Dichtigkeiten dieser Flüssigkeiten.

Nehmen wir nun an, daß die Luft ein schwerer Körper wäre, lassen wir also einen Moment den vorher erwähnten Versuch von Guericke ganz unbeachtet, so lassen sich aus dieser Hypothese mehrere wichtige Folgerungen herleiten. In diesem Falle nämlich muß die Menge der bis zur Grenze der Atmosphäre über einander gehäuften Luftmassen einen Druck auf jeden am Boden befindlichen Körper ausüben; gesetzt also, wir füllen zwei oben offene communicirende Röhren mit Quecksilber, so wird dieses Metall in beiden gleich hoch stehen, da der Druck der Atmosphäre auf beide einwirkt. Wiegen wir dagegen von einer hinreichend langen Röhre zwei parallel lange Schenkel, verschließen den einen am obern Ende und füllen letztern ganz mit Quecksilber, so kann dieses in beiden Schenkeln nach ihrer Umkehrung nicht mehr gleich hoch stehen; in dem verschlossenen, aus welchem alle Luft entfernt ist, drückt nämlich bloß das Quecksilber, in dem zweiten außer diesem noch die ganze Atmosphäre; eben so wie wir vorhin die beiden Drucke von Wasser und Quecksilber dadurch bestimmten, daß wir durch die Trennungsgrenze beider in dem einen Schenkel eine Horizontalebene legten und die Höhen beider Säulen über letzterer bestimmten, so legen wir auch hier durch die Oberfläche des Quecksilbers in dem offenen Schenkel eine Horizontale und messen die Höhe des Quecksilbers im verschlossenen Schenkel über dieser. Da nun diese Länge eine bedeutende Größe hat, so wird die Hypothese, daß die ganze Atmosphäre einen Druck ausübe, dadurch erwiesen.

Ist diese Hypothese richtig, so folgt daraus nach einer sehr richtigen Bemerkung von Pascal noch eine andere Thatsache. Wenn wir nämlich den Versuch am Fuße eines Berges machen und hier den Barometerstand sorgfältig bestimmen, hierauf aber mit dem Barometer aufwärts steigen, so muß die Höhe von diesem sich ändern. In der Tiefe nämlich drückt die ganze Atmos-

sphäre; aber mit jedem Schritte, um welchen wir uns erheben, lassen wir einen Theil der Atmosphäre unter uns zurück, und da dieser nicht weiter auf das Barometer einwirkt, so muß der Stand von diesem desto kleiner werden, je weiter wir aufwärts steigen. Die Erfahrung bestätigt dieses auf eine entschiedene Weise. Erheben wir uns etwa 1000 Fuß, so sinkt das Barometer um einen Zoll, und man bedient sich dieser Thatsache allgemein, um die Höhen von Bergspitzen zu messen, indem ein Beobachter sich oben, ein anderer in der Nähe an einem tiefern Punkte befindet: aus den Barometerständen, welche beide zugleich beobachten, wird dann der Höhenunterschied beider Stationen abgeleitet. Hat man ein Barometer, an welchem man die Länge der Quecksilbersäule mit großer Schärfe messen kann, so genügt es schon, wenn man in einem Hause aus dem einen Stockwerke in ein anderes geht, um sich zu überzeugen, daß in dem obern der durch das Barometer angegebene Luftdruck kleiner sey.

Elasticität der Luft.

Nicht minder wichtig ist für unsere vorliegende Untersuchung die Elasticität der Luft, indem wir unter Elasticität diejenige Eigenschaft verstehen, vermöge welcher Körper durch Einwirkung äußerer Kräfte in einen kleinern Raum zusammengedrückt oder in einen größern ausgedehnt werden können, aber ihren frühern Raum wieder einnehmen, wenn die Einwirkung dieser Kräfte aufhört. Nehmen wir z. B. ein Trinkglas und tauchen dieses verkehrt in ein Gefäß Wasser, so schließen wir dadurch eine Luftmasse ab, deren Volumen gleich dem des Glases ist. Tauchen wir letzteres tiefer ein, so dringt Wasser in das Glas, der körperliche Inhalt der eingeschlossenen Luft wird kleiner, und zwar desto mehr, je tiefer wir das Glas eintauchen. Ziehen wir dieses aber nach der Oberfläche zurück, so füllt die Luft wieder das ganze Glas aus. In diesem Falle wird nämlich die Luft nur von der Atmosphäre gedrückt; wenn aber das Glas eingetaucht ist, so wirkt auch der Druck des Wassers zugleich ein. Um Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen der Größe des Luftvolumens und den drückenden Kräften anzustellen, ist es vortheilhaft, Quecksilber zur Compression anzuwenden, denn theils können wir in kleinen Apparaten größere Drucke anwenden, als bei Wasser,

theils werden wir nicht durch Dämpfe gestört. Genauere Versuche zeigen nun, daß das Volumen einer gegebenen Luftmasse sich umgekehrt verhält wie der Druck: ein Gesetz, welches nach seinem Entdecker Mariotte den Namen hat. Gesezt also, wir füllten bei einem Barometerstande von 28 Zoll ein Gefäß mit 4 Kubikzoll Luft, so ist letztere nur dem Drucke der Atmosphäre unterworfen; ließen wir darauf noch eine Quecksilbersäule von 28 Zoll Höhe einwirken, so ist der Druck verdoppelt; die Luft nimmt dann nur einen Raum von 2 Kubikzoll ein. Würde dagegen der Druck der Atmosphäre von 28 Zoll bis zu 27 Zoll vermindert, so würde die Luft einen Raum von $4 \cdot \frac{28}{27} = 4,148$ Kubikzoll einnehmen.

Diese Erscheinung nöthigt uns zu der Annahme, daß zwischen den Lufttheilchen eine abstoßende Kraft vorhanden sey, in Folge deren sie sich so weit als möglich von einander zu entfernen streben, und daß nur äußere Kräfte sie daran hindern. Sehr auffallend zeigt dieses der folgende Versuch. Man nehme eine schlaffe, fest zugebundene Blase, lege sie unter den Recipienten der Luftpumpe, so schwillt sie mit Schnelligkeit an, wenn die Luft verdünnt wird; fällt aber sogleich wieder zusammen, wenn Luft von außen hineintritt. Die Theilchen der in der Blase enthaltenen Luft suchen sich in Folge ihrer Elasticität von einander zu entfernen und sich in einem möglichst großen Raume auszubreiten, aber der durch die Wände wirksame Druck der Atmosphäre hindert sie daran; so wie jedoch letzterer entfernt wird, giebt sich diese Abstoßung durch Ausdehnung der Blase zu erkennen.

In Folge eben dieser Abstoßungskraft würden die Theilchen unserer Atmosphäre sich von der Erde entfernen und im Weltraume verbreiten, würden sie nicht durch ihr Gewicht, also die Anziehungskraft der Erde, daran verhindert. Wir sehen daraus aber, daß die Dichtigkeit der Luft mit der Entfernung von der Erdoberfläche kleiner wird, weil die höheren Luftschichten nicht mehr von den tiefer liegenden gedrückt werden. Die Erfahrung bestätigt dieses auch vollkommen, denn je höher wir uns erheben, desto geringer ist das Gewicht von einem Kubikfuß Luft.

Ähnliche Erscheinungen, als die vorher erwähnte Ausdehnung der Blase unter der Luftpumpe, zeigt uns die Natur häufig

bei verändertem Luftdrucke, und es scheint mir um so zweckmäßiger, dieselben in der Kürze zu erwähnen, weil sie sehr häufig zur Herleitung ganz falscher Ansichten über die Veränderungen des Barometers benutzt worden sind. In vielen Bergwerken, des Barometers benutzt worden sind. In vielen Bergwerken, namentlich denen, wo Steinkohlen gewonnen werden, zeigen sich die sogenannten schlagenden Wetter. Durch eine chemische Zersetzung von Kohlen wird hier Wasserstoffgas gebildet, dieselbe Luftart, welche durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure auf Zink in den Platinafeuerzeugen entwickelt wird. Diese Luft ist im hohen Grade brennbar; wird sie mit atmosphärischer Luft gemengt, so entzündet sich das Ganze mit starkem Knalle. In manchen Grubenstrecken entsteht nun diese Luft in so ungeheurer Menge, daß die Bergleute daselbst nicht ohne Gefahr arbeiten können, ja daß man hier die Arbeiten oft ganz aufgeben muß. Jedoch auch in Gegenden, wo die Arbeiten ruhig betrieben werden können, entwickelt sich dieses Gas häufig in Höhlen und Klüften, welche durch feine Kanäle mit den bearbeiteten Strecken in Verbindung stehen. Es vergehen oft Monate, ohne daß sich die Gegenwart dieser brennbaren Luft auffallend zu erkennen giebt, sie ist in zu geringer Menge vorhanden und in einem zu großen Raume verbreitet, als daß sie mit Explosion entzündet würde. Dann aber geschieht es, daß sie bei unvorsichtiger Annäherung von Grubenlichtern mit heftigem Knalle angezündet wird, wobei nicht selten mehrere Menschen getödtet werden. Da sich diese Erscheinung häufig zur Zeit heftiger Stürme zeigt, so hat man wohl die letzteren selbst aus dem Hervordbrechen von Gasen aus dem Innern der Erde hergeleitet. Aber eine nähere Betrachtung zeigt, daß beide Phänomene von dem geringen Luftdrucke erzeugt werden. Wie ein geringer Barometerstand mit der Entstehung von Winden zusammenhänge, wollen wir später betrachten; was die schlagenden Wetter betrifft, so sind die Höhlen, in denen sich das Wasserstoffgas entwickelt, häufig nur mit dieser Luft erfüllt, und es findet nur eine schwache Circulation zwischen der in ihnen und der in den Gruben befindlichen Luft Statt; stets aber genügt die geringe Größe der feinen Kanäle, die zu jenen Höhlen führen, diesen brennbaren Gasen eine solche Dichtigkeit zu geben, als es der Druck der Atmosphäre erfordert. Wird letzterer kleiner, sinkt also das Barometer, so dehnt sich jene Luft aus, eben so

wie die Blase unter dem Recipienten der Luftpumpe anschwillt, und sie tritt in die Gruben, wo sie sich mit dem Sauerstoff mengt, offenbar in desto größerer Menge, je geringer der Luftdruck wird. Dabei hängt der weitere Verlauf offenbar von der Schnelligkeit dieses Eindringens ab. Sinkt nämlich das Barometer nur langsam, dann tritt das Hydrogen nur allmählich zu der Luft der Gruben und es breitet sich in einem so großen Raume aus, daß bei seiner geringen Dichtigkeit keine Explosion erfolgt. Bei schnell sinkendem Barometer aber ist es in der Nähe der feinen Kanäle in so großer Menge, daß es mit Heftigkeit verbrennt.

Ähnliche auf dieselbe Art erklärbare Phänomene hat man auch bei manchen Quellen beobachtet. Eine große Menge von Mineralbrunnen giebt neben dem Wasser zugleich Kohlensäure, eine Luftart, welche ihren Namen davon hat, weil sie sich vorzüglich beim Verbrennen von Kohle entwickelt, die aber auch beim Gähren von Bier und Wein in großer Menge entsteht. Wahrscheinlich geht das Wasser im Innern der Erde durch Höhlen, in denen es diese Luftart antrifft und sich damit verbindet, bei einem Luftdrucke, welcher weit größer ist, als der an der Oberfläche der Erde. So wie dieser Luftdruck kleiner wird, entweicht die Kohlensäure, desto mehr, je tiefer das Barometer steht. Wir finden daher über diesen Quellen nicht nur fast immer eine Luft, welche viel Kohlensäure enthält, sondern die Menge der letztern wird bei tiefem Barometerstande auffallend größer. Ganz dasselbe erfolgt auch dann, wenn diese Kohlensäure selbst ohne Verbindung mit Wasser aus der Erde hervortritt.

Methoden den Luftdruck zu bestimmen.

Die beiden bisher betrachteten Eigenschaften der Luft, nämlich ihre Schwere und ihre Elasticität, können auf verschiedene Weise dazu benutzt werden, den Druck der ganzen Atmosphäre zu messen. Da nämlich ein jeder Körper in der Luft so viel von seinem Gewichte verliert, als das Gewicht der verdrängten Luftmasse beträgt, so können wir diesen Verlust unter verschiedenen Umständen beobachten. Dieses ist auch häufig bei den sogenannten Manometern geschehen. Eine große hohle verschlossene Kugel

von Glas oder Metall wird an dem einen Arme eines Wagebalkens befestigt, während an dem andern ein massives Gewicht von Metall hängt. Läßt sich die Stellung dieses Balkens an einer Scale beobachten, so findet man, daß die Kugel bei vermindertem Luftdrucke sinkt, gleichsam als wenn sie schwerer geworden wäre, dagegen bei vermehrtem Luftdrucke steigt. Da nämlich Kugel und Gewicht eine ihnen gleiche Luftmasse verdrängen, so wiegen sie weniger als im luftleeren Raume der Fall gewesen seyn würde; dieser Verlust an Gewicht ist aber bei der größern Kugel bedeutender. Wird nun der Luftdruck kleiner, so wird zwar der Gewichtsverlust auf beiden Seiten der Wage geringer, aber diese Verminderung ist für die große Kugel größer, und so wird sie schwerer, weshalb sie sinkt. Diese Vorrichtung, deren sich verschiedene Beobachter, besonders in früheren Zeiten, bedienten, ist jedoch etwas ungenau, wofür die Wage nicht mit großer Sorgfalt construirt ist; wenn man aber eine fein construirte Wage anwenden will, dann wird der Apparat theurer als ein Barometer.

Man kann die Veränderung des Luftdruckes auch dadurch beobachten, daß man das Volumen beobachtet, welches dieselbe Luftmasse unter verschiedenen Umständen erhält. Man kann in einer Glasröhre, deren Inhalt man genau kennt, eine beliebige Menge trockener Luft durch eine Quecksilbersäule von jeder Verbindung mit der Atmosphäre absperrn; wird nun bei unveränderter Temperatur der Luftdruck geringer, so dehnt sich diese Luft aus, und aus dem Volumen, welches sie jetzt einnimmt, kann man die Aenderung des Druckes herleiten. Da die Wärme die Luft ebenfalls ausdehnt, so muß man mit dem Apparate ein möglichst empfindliches und genaues Thermometer verbinden, damit man mit möglichster Schärfe die Wirkungen der Wärme und des Luftdruckes einzeln bestimmen könne. Ein sorgfältig construirter Apparat dieser Art leistet zwar gute Dienste, scheint aber auf Reisen nicht dauerhafter als ein gut construirtes Barometer und dürfte auch von diesem nicht in Ansehung des Preises abweichen.

Es scheint demnach am vortheilhaftesten, den Luftdruck durch das Barometer anzugeben; soll aber dieses Instrument diese Größe genau anzeigen, so müssen bei seiner Construction

verschiedene Vorsichtsmaassregeln beobachtet werden, welche ich hier kürzlich betrachten will.

Ausfochen des Barometers.

Da dem früher Gesagten zufolge die Säulen verschiedener Flüssigkeiten, welche mit dem Luftdrucke im Gleichgewichte stehen, sich umgekehrt verhalten wie die Dichtigkeiten, so ist es ein wesentliches Erforderniß bei jedem Barometer, daß man chemisch reines Quecksilber beim Füllen desselben anwende; sind ihm nämlich, wie dieses sehr häufig der Fall ist, geringe Antheile fremder Metalle, wie Blei, Zinn u. s. w. beigemengt, so ist seine Dichtigkeit eine andere geworden, und ein damit gefülltes Barometer hat einen andern Stand als ein daneben hängendes, in welchem sich reines Quecksilber befindet. Am einfachsten ist es, ein solches Quecksilber dadurch zu reinigen, daß man darüber eine verdünnte Säure, z. B. Essig oder dünne Salpetersäure gießt, indem diese nach einiger Zeit den größten Theil der Beimengungen entfernt haben; andere Methoden, welche sicherer, aber auch umständlicher sind, will ich hier nicht erwähnen.

Hat man sich nun ein reines Quecksilber verschafft, so muß es so in die Röhre gefüllt werden, daß diese in ihrem obern Theile völlig luftleer ist. Denn befände sich daselbst nur eine sehr kleine Luftblase, so würde diese vermöge ihrer Elasticität das Quecksilber herabdrücken, und dieses also einen zu niedrigen Stand haben. Bei den gewöhnlichen Barometern, welche von herumreisenden Kaufleuten verkauft werden, ist dieses fast stets der Fall, und wenn man daher ein Duzend Instrumente dieser Art neben einander aufhängt, so erhält man eben so viele Barometerstände, weil die Menge und mithin die Elasticität der Luft in dem einen größer ist, als im andern. Jeder Versuch, die letzten Antheile dieser Luft auf mechanischem Wege zu entfernen, scheitert; man muß das Quecksilber in der Röhre bis zum Sieden erhitzen, eine Operation, welche am leichtesten dergestalt verrichtet wird, daß man die Röhre zuerst etwa bis zu $\frac{1}{3}$ ihrer Länge füllt und sie dann über einem guten Kohlenfeuer behutsam so weit erwärmt, daß das Quecksilber lebhaft aufsteigt. Nach dem Erkalten wird die Röhre etwa bis zu $\frac{2}{3}$ mit Quecksilber gefüllt und diese Operation wiederholt; zuletzt wird die ganz ge-

füllte Röhre eben so erhitzt. Man nennt dieses Verfahren das Ausfochen des Barometers und man kann gut ausgekochte Instrumente leicht von gewöhnlichen unterscheiden. Neigt man nämlich behutsam die Röhre, so daß das Quecksilber sie ganz ausfüllt, so hört man beim Anschlagen desselben an die Wölbung der geschlossenen Röhre einen sehr hellen metallischen Klang, der gleichsam als ob ein fester Körper an das Glas stieße, wenn das Instrument ausgekocht ist; dagegen in nicht ausgekochten ist dieser Klang dumpf, gleichsam als ob man auf eine mit Luft gefüllte Blase schläge, und nicht selten sieht man in diesem Falle die Luftblase über dem Quecksilber.

Scale des Barometers.

Neben den gewöhnlichen Barometern, welche unter dem Namen der Wettergläser verkauft werden, ist die Scale stets sehr roh und unvollkommen. Es sind neben den Angaben der Bitterung, welche verschiedenen Ständen des Barometers entsprechen soll, noch Zahlen beigefchrieben, welche die Höhe des Quecksilbers angeben. Diese willkürlich angeklebten Zettel sind mit so großen Fehlern behaftet, daß sie gar kein Zutrauen verdienen. Die Scale, welche zum Messen des Barometerstandes dient, muß nach einem zuverlässigen Längenmaasse verfertigt werden; da jedoch nicht ein jeder ein solches hat, so ist es am besten, diese ganze Arbeit einem guten Künstler zu überlassen; hat derselbe zugleich ein gutes Barometer, so kann er die Scale durch Vergleichung mit seinem eignen Instrumente möglichst genau verifiziren.

Obgleich ein jedes der in verschiedenen Ländern gebräuchlichen Längenmaasse dazu dienen kann, die Höhe der Quecksilbersäule anzugeben, so sind doch nur einige Maasse häufiger dazu benutzt worden. In England bedient man sich der englischen Zolle und ihrer Decimalthelle; in Frankreich bedient man sich in neueren Zeiten gewöhnlich der Millimeter, früher wurde der Pariser Zoll dabei benutzt, welcher in Deutschland ziemlich allge- mein gebräuchlich ist. Bei Benutzung dieses letztern Maasses, welches ich in allen folgenden Betrachtungen zum Grunde legen werde, wird der Zoll in zwölf Linien getheilt; die weiteren Untertheilungen der Linie werden in Decimalthellen derselben ange-

geben. Das Zeichen der Zolle besteht in zwei, das der Linie in drei Strichen, welches man rechts über die Zahlen setzt, welche die Anzahl der Zolle und Linien ausdrücken, also heißt $27'' 3''{,}85$ soviel als 27 Zoll $3\frac{85}{100}$ Linien. Statt aber Zolle und Linien einzeln anzugeben, scheint es mir zweckmäßiger, den Barometerstand bloß in Linien auszudrücken, also würde der eben betrachtete Barometerstand $327''{,}85$ betragen. Folgende Tafel zeigt, wie groß die Zahl von Linien ist, welche diejenigen Zolle enthalten, innerhalb welcher die Schwankungen des Barometers auf den Ebenen und wenig erhöhten Punkten Statt finden.

$$25 \text{ Zoll} = 300 \text{ Linien}$$

$$26 \dots 312 \dots$$

$$27 \dots 324 \dots$$

$$28 \dots 336 \dots$$

Um die in den andern Maaßen ausgedrückten Barometerhöhen in Pariser Linien zu verwandeln, gebe ich noch folgende Werthe

$$1 \text{ Meter} = 443,296 \text{ Pariser Linien}$$

$$760 \text{ Millimeter} = 336,905 \dots \dots \dots$$

$$1 \text{ Millimeter} = 0,4433 \dots \dots \dots$$

$$12 \text{ englische Zoll} = 135,1142 \dots \dots \dots$$

$$30 \dots \dots \dots = 337,785 \dots \dots \dots$$

Correction wegen der Temperatur.

Alle Messungen des Barometers bedürfen, wofern sie einen wissenschaftlichen Werth haben sollen, noch einer Correction. Das Quecksilber nämlich wird durch die Wärme ausgedehnt, und wenn wir also etwa im Winter zwei vollkommen übereinstimmende Barometer gleichzeitig beobachten, während das eine in einem kalten, das andere in einem geheizten Zimmer hängt, so steht letzteres höher, und zwar ist der Unterschied desto bedeutender, je ungleicher die Temperatur beider ist. Sollen demnach die unter verschiedenen Umständen gefundenen Größen mit einander verglichen werden, so würde erforderlich seyn, daß man das Instrument in einem Raume aufhänge, welcher stets dieselbe Temperatur hätte; da dieses nicht möglich ist, so muß man bei jeder Messung eine Correction anbringen, wodurch man Größen

erhält, die eben so beschaffen sind, als ob die Beobachtungen stets in einem Zimmer von einerlei Temperatur gemacht wären. Zu diesem Zwecke wird am Barometer ein Thermometer angebracht, welches gegen die Aenderungen der Wärme eben so geschützt ist, als die Röhre dieses Instrumentes, so daß man das durch seine Temperatur kennen lernt. Genauere Messungen haben nun gezeigt, daß, wenn wir die Länge einer Quecksilbersäule bei 0° mit 1 bezeichnen, diese Länge bis zu der Temperatur des siedenden Wassers um $\frac{1}{55,5}$ größer wird, und daß sich das Quecksilber zwischen diesen beiden Punkten gleichförmig ausdehnt, so daß die Aenderung für 1° R. $\frac{1}{4440}$ der ursprünglichen Länge beträgt. Setzt also, wir hätten in einem Zimmer, dessen Temperatur 0° beträgt, den Barometerstand von $328''{,}5$ gefunden, und brächten bei unverändertem Luftdrucke das Instrument in ein warmes Zimmer, wo es nach einiger Zeit die Temperatur von 15° R. erlangt, so wäre sein Stand um $328,5 \cdot \frac{15}{4440} = 1''{,}11$ vergrößert worden, und wir hätten nun $328''{,}5 + 1''{,}11 = 329''{,}61$ gefunden. Hätten wir umgekehrt in einem 18° warmen Zimmer den Barometerstand von $336''{,}45$ gefunden, und würde es in 0° warmes Zimmer gebracht, so würde es um $336,45 \cdot \frac{18}{4440} = 1''{,}36$, also bis zu $335''{,}09$ sinken.

Durch eine ähnliche Rechnung kann man die Aenderung des Barometerstandes für jede beliebige Aenderung der Temperatur bestimmen. Man legt nun bei der Correction der durch die Beobachtungen gegebenen Größen eine constante Temperatur zum Grunde, auf welche alle Messungen reducirt werden; diese ist im Allgemeinen willkürlich, meistens jedoch wird dabei die des thauenden Eises angenommen.

Es ist jedoch nicht bloß das Quecksilber, welches auf diese Art ausgedehnt wird, sondern dieses geschieht auch mit der Scale, mit welcher wir den Barometerstand auffuchen. In höheren Temperaturen ist sie länger als in der Kälte, und der damit gemessene Abstand zweier Punkte ist in der Wärme kleiner als in der Kälte. Während also die Wärme durch ihre Einwirkung auf das Quecksilber Ursache eines zu großen Barometerstandes wird, wird letztere Größe wegen der Einwirkung der Scale etwas zu klein gefunden. Dehnten sich Quecksilber und

Material der Scale für einerlei Aenderungen der Temperatur um gleiche Größen aus, so würden sich beide Wirkungen gegenseitig aufheben, dieses ist aber nicht der Fall. Nehmen wir, wie dies gewöhnlich ist, Messing als Material des Maasstabes, so ist die Größe seiner Ausdehnung für diese Aenderungen der Temperatur nur etwa $\frac{1}{10}$ von der des Quecksilbers. Während es ferner gleichgültig ist, auf welche constante Wärme wir die Länge des Quecksilbers reduciren, gilt dieses nicht mehr von der Scale. Bei Bestimmung der in verschiedenen Ländern gebrauchten Längenmaasse ist nämlich ein Thermometerstand angenommen, bei welchem diese Maasse genau die erforderliche Länge haben. Diese Normaltemperatur ist bei dem Pariser Fuße 15° R. Da man sich in Deutschland dieses Maasses gewöhnlich bei den Barometerfalten bedient, so gebe ich Behufs der leichtern Reduction auf den Gefrierpunkt die folgende Tafel.

R	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	R
— 15	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,95	— 15°
— 14	0,76	0,77	0,79	0,80	0,81	0,83	0,84	0,85	0,86	0,88	— 14
— 13	0,70	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76	0,78	0,78	0,79	0,81	— 13
— 12	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,70	0,73	0,74	— 12
— 11	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,64	0,66	0,67	— 11
— 10	0,52	0,53	0,54	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	— 10
— 9	0,46	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,52	0,53	— 9
— 8	0,40	0,40	0,41	0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,46	— 8
— 7	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,38	0,39	— 7
— 6	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	— 6
— 5	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	— 5
— 4	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	— 4
— 3	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	— 3
— 2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	— 2
+	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	+
1	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1
2	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	2
3	0,21	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	3
4	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	4
5	0,33	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38	5
6	0,40	0,40	0,41	0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45	6
7	0,46	0,46	0,47	0,48	0,49	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	7
8	0,52	0,53	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	8
9	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	9
10	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,74	10
	0,70	0,71	0,72	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,81	

R	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	R
11	0,76	0,77	0,79	0,80	0,81	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88	11°
12	0,82	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,95	12
13	0,88	0,90	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	13
14	0,94	0,96	0,98	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,07	1,09	14
15	1,00	1,02	1,04	1,05	1,07	1,09	1,10	1,12	1,14	1,16	15
16	1,07	1,08	1,10	1,12	1,14	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23	16
17	1,13	1,15	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24	1,26	1,28	1,30	17
18	1,19	1,21	1,23	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35	1,37	18
19	1,25	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,44	19
20	1,31	1,33	1,35	1,37	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,51	20
21	1,37	1,39	1,42	1,44	1,46	1,48	1,51	1,53	1,55	1,58	21
22	1,43	1,45	1,48	1,50	1,53	1,55	1,57	1,60	1,62	1,65	22
23	1,49	1,52	1,54	1,57	1,59	1,62	1,64	1,67	1,69	1,72	23
24	1,55	1,58	1,60	1,63	1,66	1,68	1,71	1,73	1,76	1,79	24
25	1,61	1,64	1,67	1,69	1,72	1,75	1,78	1,80	1,83	1,86	25
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	

Diese Tafel enthält in der ersten und letzten Horizontalspalte den Barometerstand ausgedrückt in Pariser Linien, die erste und letzte Verticallspalte geben die Temperatur des Barometers nach der 80theiligen Scale an; in allen übrigen Spalten wird die Größe der Correction in Pariser Linien ausgedrückt, und zwar muß diese für Temperaturen, die unter -2° liegen, zu dem beobachteten Barometerstande addirt werden, weshalb die Größen zwischen -15° und -2° oben und unten mit + bezeichnet sind, für alle über -2° liegenden Temperaturen wird diese Correction von dem beobachteten Barometerstande subtrahirt, und deshalb steht über allen diesen Größen das Zeichen —.

Wäre nun z. B. der Stand des Barometers $335''',00$, die des an ihm befestigten Thermometers 15° , so sucht man in der zu 15° gehörigen Horizontalspalte die Größe auf, welche in der oben mit 335 bezeichneten Verticallspalte steht, und findet $-1''',12$; es ist demnach der auf 0° reducirte Barometerstand $335''',00 - 1''',12 = 333''',88$. Hätte man den Barometerstand $320''',00$ bei einer Temperatur von -12° gefunden, so findet man in der -12° gehörigen Horizontalreihe und der zu 320 gehörigen Verticallspalte die Größe $+0''',68$; es ist mithin der auf 0° reducirte Barometerstand $320''',00 + 0''',68 = 320''',68$.

Für Angaben des Barometers und Thermometers, welche in dieser Tafel nicht unmittelbar angegeben sind, läßt sich die gehörige Correction sehr leicht durch eine einfache Rechnung bestimmen. Gesezt, man hätte 337^{'''},20 bei einer Temperatur von 13[°],6 beobachtet, so suche man die vier zunächst liegenden Größen in der Tafel auf, nämlich die Correctionen, welche bei den Temperaturen von 13[°] und 14[°] zu den Barometerständen von 335^{'''} und 340^{'''} gehören. Wäre die Temperatur 13[°], so findet man für den Barometerstand von 335^{'''} die Correction 0^{'''},99, für 340 die Correction 1^{'''},00, also Aenderung für 5^{'''} gleich 0^{'''},01. Da nun 337^{'''},20 nur 2^{'''},20 höher ist als 335^{'''}, so finden wir die zu 0^{'''},99 zu addirende Größe durch die Proportion

$$5 : 2,20 = 0,01 : x,$$

wo $x = \frac{2,20 \cdot 0,01}{5} = 0^{'''},0044$; es würde also bei einer Temperatur von 13[°] die Correction für 337^{'''},20 gleich 0^{'''},99 + 0^{'''},004 = 0^{'''},994. Bei der Temperatur von 14[°] sind die zu 335 und 340 gehörigen Correctionen 1^{'''},05 und 1^{'''},07, also Aenderung 0^{'''},02, finden also eben so die Proportion

$$5 : 2,20 = 0,02 : x,$$

wo $x = \frac{2,20 \cdot 0,02}{5} = 0^{'''},0088$, also bei einer Temperatur von 14[°] wäre die zu 337^{'''},20 gehörige Correction gleich 1,05 + 0^{'''},009 = 1,059. Es ist mithin die Aenderung dieser Größe 1,059 — 0,994 = 0,065, wenn die Temperatur von 13[°] bis 14[°], also um 1[°] steigt. Da nun die Temperatur 13[°],6 ist, so ergiebt sich die Aenderung für 0[°],6 durch die Proportion

$$1 : 0,6 = 0,065 : x,$$

wo $x = 0,039$, also Größe der Correction gleich 0,994 + 0,039 = 1^{'''},033 und mithin der auf 0[°] reducirte Barometerstand 337^{'''},20 — 1,03 = 336^{'''},17, wenn wir nur zwei Decimalstellen behalten. So weitläufig diese Einschaltung auch aussieht, so gewöhnt man sich doch in sehr kurzer Zeit daran, die nöthigen Rechnungen im Kopfe zu machen; will man sich die Arbeit kürzer machen, so kann man in der obigen Tafel denjenigen Barometerstand nehmen, welcher dem beobachteten zunächst liegt, und nur die einfache Einschaltung für die Temperatur vornehmen.

Ehe ich diesen Gegenstand verlasse, scheint es mir zweckmäßig, noch einige Worte über die Nothwendigkeit dieser Reduction hinzuzufügen. In früheren Zeiten, wo die Barometer selbst sehr unvollkommen waren, wurde nie eine solche gemacht, und erst seit einigen Jahrzehenden nehmen viele Beobachter dieselbe vor; in manchen Ländern, wie in England, scheinen viele Physiker die Nothwendigkeit davon noch jetzt nicht einzusehen, weil sie in ihren Tagebüchern stets nur die unmittelbar beobachteten Größen geben. Wenn nun gleich Messungen dieser Art zwar im Allgemeinen zeigen, ob das Barometer einen hohen oder niedrigen Stand habe, so giebt es viele Untersuchungen, wo solche Größen völlig unbrauchbar sind. Wollen wir z. B. den Barometerstand in verschiedenen Jahreszeiten vergleichen, so zeigt sich das Bedürfniß der Reduction sogleich. Gesezt, das Instrument hänge im Winter in einem kalten Zimmer, dessen mittlere Temperatur etwa — 5[°] betrage; im Sommer wäre die Temperatur eben dieses Zimmers etwa 20[°], und es würde sowohl im Winter als Sommer durch die unmittelbar beobachteten Größen der Barometerstand gleich 335^{'''} gefunden: so zeigt eine genauere Untersuchung, daß der Luftdruck keinesweges gleich ist. Denn suchen wir die zu 335^{'''} gehörigen Reductionen für die Temperaturen von — 5[°] und + 20[°] auf, so wird der corrigirte Barometerstand im Winter 335^{'''},00 + 0^{'''},24 = 335^{'''},24, im Sommer 335^{'''},00 — 1^{'''},46 = 333^{'''},54; statt daß also der Luftdruck gleich ist, finden wir, daß er im Sommer um 335^{'''},24 — 333^{'''},54 = 1^{'''},70 kleiner ist, als im Winter. Es giebt andere Untersuchungen, wo selbst Temperaturdifferenzen von wenigen Graden einen großen Fehler hervorbringen können. Wir werden sogleich sehen, daß das Barometer um 4 Uhr Nachmittags etwas niedriger steht, als um 10 Uhr Morgens; diese Größe beträgt in unseren Breiten etwa 0^{'''},3. Gesezt nun, es würde diese Correction wegen der Temperatur nicht vorgenommen, und es stiege das Thermometer von 10 Uhr Morgens bis 4 Uhr Abends etwa um 3[°], eine Aenderung, die sich im Laufe des ganzen Jahres fast täglich, wiederholt, so würde das Barometer wegen dieser Aenderung der Wärme um etwa 0^{'''},2 am Abend höher stehen, als wenn die Temperatur unverändert geblieben wäre. Wenn also einerseits das Barometer wegen Ver-

minderung des Luftdruckes um $0''{,}3$ sinkt, so steigt es wegen Zunahme der Temperatur um $0''{,}2$; die durch die Beobachtungen unmittelbar gegebene Aenderung ist also nur $0''{,}3 - 0''{,}2 = 0''{,}1$; der Fehler, welchen wir also begehen würden, wenn wir die Reduction wegen der Temperatur nicht vornehmen wollen, betrüge $0''{,}3 - 0''{,}1 = 0''{,}2$, d. h. $\frac{2}{3}$ der ganzen Größe. Alle, selbst Jahre lang fortgesetzten und mit den trefflichsten Instrumenten gemachten Messungen dieser Art würden also nur Zahlen ohne Werth seyn.

Tägliche Schwankungen des Barometers.

Es ist bekannt, daß das Quecksilber im Barometer in unseren Gegenden in einer ewigen Unruhe ist; da diese zum Theil mit der Beschaffenheit der Witterung zusammenhängt, so hat das Instrument im gemeinen Leben den Namen Wetterglas erhalten. Diese unregelmäßigen Schwankungen, deren Wesen wir später näher betrachten wollen, hängen von der geographischen Lage des Beobachtungsortes ab; sie werden im Allgemeinen desto größer, je weiter wir uns vom Aequator entfernen. Zwischen den Wendekreisen haben die verschiedenen Zustände der Witterung nur einen geringen Einfluß auf das Barometer; wenn wir das gegen hier das Instrument einen oder mehrere Tage in kurzen Intervallen, z. B. von Stunde zu Stunde beobachten, so zeigt sich eine regelmäßige Aenderung seiner Höhe, eine Art Ebbe und Fluth, indem der Stand des Quecksilbers zu gewissen Stunden des Tages regelmäßig steigt und zu andern wieder sinkt.

Die ersten Spuren einer unvollkommenen Kenntniß des Phänomenes scheinen sich in einer 1666 erschienenen Abhandlung von Beale zu befinden, indem er behauptete, daß das Barometer sowohl im Sommer als im Winter am Abend und Morgen höher stände, als am Mittage. Ähnliche unbestimmte Aeußerungen finden wir späterhin bei mehreren Reisen nach den Aequinoctialgegenden. Die ersten bestimmten Nachrichten von dieser Oscillation gab im Jahre 1722 ein unbekannter holländischer Beobachter auf Surinam, welcher sagte, daß das Barometer zweimal täglich einen höchsten und zweimal einen niedrigsten Stand hätte, und dabei die Zeiten, wo die Extreme eintreten und welche wir Wendestunden nennen wollen, ziemlich genau angab.

Eben diese Oscillation des Quecksilbers bemerkte wenigstens am Tage der Pater Boudier zu Chanderanagor in Indien im Jahre 1740. Später wurde dieses Phänomen von einer großen Zahl Reisenden in der Nähe des Aequators bemerkt und verfolgt, doch war es zuerst Humboldt, welcher genauere Messungen darüber anstellte und die Aufmerksamkeit der Physiker darauf lenkte. Es entstand nun die Frage, ob das Phänomen sich auch in unseren Gegenden zeigte. Zwar hatte schon früher Chiminello eine Reihe sorgfältiger Messungen zu Padua während einer Zeit von fast 3 Jahren (1778 — 80) gemacht, aber die Arbeit dieses aufmerksamen Beobachters war fast ganz in Vergessenheit gerathen; andere Bemerkungen von van Swinden in Holland, Hemmer und Planer in Deutschland waren sehr unvollkommen. So unternahm zuerst Ramond eine Reihe von Beobachtungen zu Clermont, an eben jenem Orte, wo die erste bekannte Höhenmessung mit dem Barometer gemacht wurde. Diese Arbeit wurde von mehreren Physikern in Europa wiederholt, aber meistens beschränkten sie sich darauf, die Länge der Quecksilbersäule täglich drei oder viermal zu bestimmten Zeiten aufzuzeichnen, und so mußten manche Umstände bei dem Phänomen unbekannt bleiben. Eine umfassendere Reihe von Messungen wurde zuerst von v. Yelin in München bekannt gemacht, und wenn uns dieselben gleich diese tägliche Oscillation deutlich zeigen, so sind die von ihm bekannt gemachten Größen doch unbrauchbar, um die Größe der Oscillationen und den Einfluß der Jahreszeiten nachzuweisen, weil er auf die Temperatur des Quecksilbers bei den einzelnen Beobachtungen keine Rücksicht genommen hat. Weit genügender sind die Beobachtungen, welche Hallström während einer Zeit von mehreren Jahren zu Abo in Finnland machte. Ich habe seit dem Anfange des Jahres 1827 in Halle das Barometer von 6 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends fast stündlich beobachtet. Ähnliche weniger umfassende Messungen haben Meuber in Apenrade, Lohrmann in Dresden, Koller in Kremsmünster, und die Astronomen auf der Sternwarte zu Mailand gemacht. Der nördlichste Punkt, von welchem ich umfassende Messungen kenne, ist Petersburg, wo unter Kupffer's Leitung alle zwei Stunden treffliche Beobachtungen gemacht werden. Messungen, welche die Engländer bei ihren

Unter einer größern Anzahl von Orten, von denen ich Messungen besitze, habe ich nur diejenigen ausgewählt, welche mir am geeignetsten scheinen, einige der wichtigsten Phänomene zu zeigen, nämlich einige Orte in der Nähe des Aequators, zwei Orte (Halle und Padua) aus mittleren Breiten, und endlich die beiden nördlichsten Punkte Europa's, von denen ich umfassendere Messungen kenne. Betrachten wir die in dieser Tafel gegebenen Größen aufmerksam, so zeigt sich die tägliche Aenderung des Luftdruckes sehr deutlich. Vom Mittage an nämlich sinkt das Barometer, bis es zwischen 3 und 5 Uhr Abends einen niedrigsten Stand erreicht; es steigt nun aufs Neue und erreicht zwischen 9 und 11 Uhr Abends ein Maximum; es sinkt nun, bis es um etwa 4 Uhr Morgens ein zweites Minimum erlangt und steigt nun hier zu dem Maximum, welches um etwa 10 Uhr Morgens Statt findet.

Die Zeiten, wo diese Extreme eintreten, d. h. die Wendestunden, zeigen an verschiedenen Orten kleine Abweichungen von einander, jedoch scheint die geographische Lage der Beobachtungsorte darauf keinen Einfluß zu haben, vielmehr scheint der Grund dieser Differenzen darin gesucht werden zu müssen, daß die Messungen nur an wenig Punkten hinreichend lange fortgesetzt sind, um den Einfluß aller Anomalieen zu entfernen. Wir können mithin das arithmetische Mittel aller Bestimmungen vom Aequator bis zur Breite von Petersburg nehmen. Dann geben die vorhandenen Größen folgende Momente:

Minimum am Abend um 4^h 5'

Maximum am Abend um 10. 11

Minimum am Morgen um 15. 45

Maximum am Morgen um 21. 37

Will demnach ein Beobachter dieses Phänomen durch direct Messungen an seinem Wohnorte kennen lernen, so würde es am zweckmäßigsten seyn, den Barometerstand um 4 Uhr und 10 Uhr Morgens und Abends aufzuzeichnen, und es sind diese Stunden um so mehr zu empfehlen, weil das Mittel der alsdann beobachteten Thermometerstände der wahren mittlern Temperatur gleich ist.

Wendestunden in verschiedenen Jahreszeiten.

Scheint gleich die geographische Breite keinen Einfluß auf die Wendestunden zu haben, so zeigen die Messungen in mittleren Breiten doch entschieden eine Abhängigkeit von den Jahreszeiten. Schon die älteren Beobachtungen von Chiminello in Padua deuten denselben auf eine entschiedene Weise an, und in der Folge hob Ramond diesen Umstand bestimmter hervor. Meine eigenen Messungen in Halle geben für die Wendestunden folgende Momente in wahrer Sonnenzeit in Stunden und Decimaltheilen derselben:

Monat	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Januar	2 ^h ,81	9 ^h ,17	16 ^h ,91	21 ^h ,91
Februar	3,43	9,46	15,86	21,66
März	3,82	9,80	15,87	22,10
April	4,46	10,27	15,53	21,53
Mai	5,43	10,93	15,03	21,13
Junius	5,20	10,93	14,83	20,73
Julius	5,21	11,04	15,04	20,48
August	4,86	10,66	15,06	20,96
September	4,55	10,45	15,45	21,71
October	4,17	10,24	15,97	22,07
November	3,52	9,85	16,68	22,08
December	3,15	9,11	16,91	22,18

Ist gleich nicht zu verkennen, daß die in dieser Tafel gegebenen Größen noch Anomalieen zeigen, und daß mithin in der Breite von 51 $\frac{1}{2}$ Graden mehr als 10jährige Beobachtungen noch nicht genügen, die Wendestunden scharf anzugeben, so tritt doch die Abhängigkeit derselben von den Jahreszeiten deutlich hervor. Denn während das Barometer im Winter bereits um 3 Uhr Abends seinen tiefsten Stand erreicht hat, sinkt es im Sommer bis nach 5 Uhr, und ähnliche Aenderungen zeigen die anderen Extreme. Fassen wir die sämtlichen in obiger Tafel gegebenen Größen zusammen, so folgt daraus, daß die Wendestunden sowohl am Morgen als am Abend im Winter etwa ein bis zwei Stunden näher am Mittage liegen, als im Sommer, sie treten also am Abend früher, am Morgen dagegen später ein.

Größe der täglichen Oscillationen.

Sehr deutlich tritt der Einfluß der Polhöhe auf die Größe der täglichen Schwankungen hervor. Suchen wir z. B. den Unterschied zwischen den Barometerständen um 10 Uhr Morgens und Abends auf, so beträgt derselbe in Cumana und la Guayra im Mittel $1''{,}062$, in Petersburg und Åbo ist diese Größe bis zu $0''{,}050$ herabgesunken, beträgt also kaum $\frac{1}{20}$ davon. Ueber die Art jedoch, wie eine Vergleichung der in verschiedenen Gegenden gefundenen Größen gemacht werden soll, sind die Ansichten der Physiker getheilt. Nach einem besonders von Humboldt empfohlenen Verfahren nämlich wird nur der Unterschied zwischen dem Maximum am Morgen und dem Minimum am Abend aufgesucht, und die übrigen beiden Extreme werden nicht beachtet; Andere suchen zwar alle vier Extreme auf, nehmen aber den Unterschied zwischen dem tiefsten Minimum und dem höchsten Maximum. Beide Methoden scheinen mir nicht genügend, da hiebei zwei Extreme ganz unbeachtet bleiben; auch haben mich meine länger fortgesetzten Beobachtungen gelehrt, daß auf diese Weise der Einfluß der unregelmäßigen Veränderungen im Luftdrucke nicht hinreichend entfernt wird. Gesezt nämlich, daß das Barometer während der ganzen Dauer der Beobachtungen vorzugsweise schnell sinke, so nimmt der Luftdruck von 10 Uhr Morgens bis 4 Uhr Abends mehr ab, als es ohne dieses unregelmäßige Sinken der Fall gewesen seyn würde, und die Differenz der beiden betrachteten Größen wird also zu groß gefunden werden. Dieselbe Ursache aber macht auch, daß das Barometer von 4 Uhr bis 10 Uhr Abends weniger schnell sinkt; nehmen wir daher das Mittel der beiden Maxima und subtrahiren davon das Minimum am Abend, so erhalten wir eine Größe, welche der Natur schon mehr entspricht. Noch zweckmäßiger scheint es mir, das Mittel der beiden Minima von dem Mittel der beiden Maxima zu subtrahiren, und diese Differenz, welche wir die mittlere tägliche Oscillation nennen wollen, werde ich in allen folgenden Betrachtungen zum Grunde legen. Allerdings tritt dabei der Uebelstand ein, daß nur sehr wenige Beobachter den Barometerstand zur Zeit des Minimums am Morgn: durch Messungen gefunden haben; wenn es sich jedoch

um die mittleren Verhältnisse eines längern Zeitraumes, z. B. eines Jahres handelt, so zeigen diese Veränderungen im Verlaufe des Tages einen so einfachen und regelmäßigen Gang, daß man im Stande ist, diese fehlende Größe mit großer Annäherung an die Wahrheit aus drei oder mehreren Beobachtungen herzuleiten, die welche man im Laufe des Tages gemacht hat *). Ehe ich die

*) Da es sehr wünschenswerth ist, diese Größe an recht vielen Orten zu bestimmen, so will ich hier die Methode anführen, durch welche man diese Größen näher bestimmen kann. Rechnen wir die Stunden vom Mittage (0 Uhr) bis 23, und sind $B_0, B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$ die um 0, 1, 2, 3, ..., n Uhr beobachteten Barometerstände, so hängen diese durch die Gleichung

$$B_n = B + a_1 \sin(n \cdot 15^\circ + b_1) + a_2 \sin(n \cdot 30^\circ + b_2) \dots \quad (A)$$

zusammen, wo wir nach der Reihe die durch die Beobachtungen gegebenen Werthe von B_n und die zugehörigen Werthe von n setzen müssen. Haben wir etwa 5 Beobachtungen, so erhalten wir eben so viele Gleichungen, aus denen wir die Werthe der unbekannten Größen B, a_1, a_2, b_1 und b_2 herleiten können, und nach Bestimmung dieser Größen können wir die Extreme auffuchen. Ist die Zahl der Beobachtungen größer als 5, so werden natürlich die für die unbekannten Größen gefundenen Werthe eine noch größere Sicherheit erlangen. Ist dagegen diese Zahl kleiner als 5, dann ist die Zahl der Gleichungen kleiner als die der unbekannten Größen, das Problem bleibt also unbestimmt. Jedoch zeigen glücklicherweise die umfassenderen Messungen in verschiedenen Gegenden der Erde eine solche Uebereinstimmung in den Werthen von b_1 und b_2 , daß es sogar bei 5 Beobachtungen zweckmäßiger scheint, diese allgemeinen Werthe in die obige Gleichung zu setzen, als dieselben aus den wenigen Beobachtungen herzuleiten. Es wird nämlich

$$B = B + a_1 \sin(n \cdot 15^\circ + 183^\circ 0') + a_2 \sin(n \cdot 30^\circ + 154^\circ 34');$$

es bleibt also nur noch die Messung von 3 Größen übrig, und es genügen mithin 3, etwa am Morgen, Nachmittag und Abend gemachte Messungen, um die Extreme zu bestimmen, wenn man dabei zugleich den Barometerstand in den oben gegebenen Wendestunden aufsucht. Ich nahm an solchen Orten, wo fast stündliche Beobachtungen gemacht waren, drei willkürliche Messungen und leitete daraus die Werthe von B, a_1 und a_2 her, so zeigte sich eine hinreichende Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Größen. — Dieses gilt jedoch nur von dem jährlichen Mittel; um die Verhältnisse einzelner Monate zu finden, müssen wir dem obigen allgemeinen Ausdrucke (A) noch das Glied $a_3 \sin(n \cdot 45^\circ + b_3)$ zufügen, die Werthe der Hülfswinkel sind in verschiedenen Monaten ungleich.

Größe der mittlern täglichen Oscillation in verschiedenen Gegenden der Erde betrachte, will ich noch einige Punkte erwähnen, die bei Vergleichung dieser Größen nicht übersehen werden dürfen. Zuerst nämlich hat wenigstens in unseren Gegenden die Zeit des Jahres einen Einfluß auf diese Größe, und selbst zwischen den Wendekreisen scheint dieselbe in der nassen Jahreszeit kleiner zu seyn, als in der trockenen, wenigstens geht dieses mit großer Wahrscheinlichkeit aus den wenigen Messungen in Hindostan hervor. *Ramond* machte zuerst auf diese Thatsache aufmerksam, und mehrere Beobachter haben dieselbe in der Folge bestätigt; um jedoch diesen Einfluß scharf anzugeben, sind vieljährige Messungen erforderlich. Denn wenn es gleich ein gemeinsames Resultat aller dieser Untersuchungen ist, daß die Oscillationen im Winter den kleinsten Werth haben, so lassen die meisten derselben es unbestimmt, in welcher Jahreszeit das Maximum Statt finde, da verschiedene Physiker den Frühling, Sommer oder Herbst an geben. Da meine eigenen Beobachtungen unter allen mir bekannten den längsten Zeitraum umfassen, so gebe ich hier die Resultate derselben und füge ihnen noch diejenigen bei, welche aus 3jährigen Messungen auf der Sternwarte zu Mailand folgen. Sehr zu bedauern ist es übrigens, daß *Hällström* die Resultate seiner vieljährigen Messungen in Ubo und Helsingfors noch nicht bekannt gemacht hat; diese und die Petersburger Beobachtungen werden uns jedenfalls bald wichtige Aufschlüsse über das Phänomen geben.

Mittlere tägliche Oscillation

Monat	Halle	Mailand
Januar	0,174	0,327
Februar	0,211	0,318
März	0,216	0,386
April	0,252	0,586
Mai	0,242	0,555
Junius	0,247	0,426
Julius	0,251	0,422
August	0,252	0,360
September	0,242	0,362
October	0,251	0,330
November	0,189	0,322
December	0,161	0,310

Sehr deutlich und bestimmt tritt in Halle der Einfluß der Jahreszeiten hervor, im Winter nämlich ist die tägliche Schwankung am kleinsten und nimmt von hier bis zum Sommer zu, wo sie etwa $\frac{1}{4}$ Linie größer ist. Eben so geben die Messungen zu Mailand dem Winter die kleinste, dem Sommer die größte Oscillation, und der Unterschied beider Jahreszeiten ist nahe eben so groß als in Halle. Zugleich aber zeigen die Anomalieen in den Werthen für Halle, daß ein mehr als zehnjähriger Zeitraum noch nicht ausreicht, alle einzelnen Umstände bei diesem Phänomene mit Schärfe anzugeben, und wir dürfen uns daher nicht wundern, daß die einen kürzern Zeitraum umfassende Beobachtungsbreihe zu Mailand noch mehr Unregelmäßigkeiten zeigt.

Wenn wir demnach in höheren Breiten Vergleichen der an verschiedenen Orten gefundenen Größen vornehmen wollen, so ist erforderlich, daß die Messungen wenigstens die Zeit eines Jahres umfassen, damit der Einfluß der Jahreszeiten verschwinde. Jedoch hat auch die Höhe des Ortes über dem Meere, also der mittlere Barometerstand, darauf Einfluß. Zuerst machte wohl *Daniell* auf diesen Umstand aufmerksam, indem er zeigte, daß das Barometer auf dem St. Bernhard am Nachmittage sehr häufig höher stand, als am Morgen, während gleichzeitig in Genf das Gegentheil sich ereignete. Später zeigte dieses eine Reihe von Messungen, welche *Eschmann* auf dem Rigi und *Forner* in Zürich machten. Stündliche Beobachtungen von mir auf dem Rigi und Faulhorne zeigen eben dieses in Vergleich mit den gleichzeitigen an tiefer liegenden Punkten gemachten Messungen. Ich gebe in folgender Tafel das Mittel meiner Beobachtungen auf dem Rigi und dem Faulhorne neben den zu Zürich gemachten Messungen, und bemerke nur noch, daß die Größen zwischen 10^h und 17 Uhr an allen Orten durch Interpolation gefunden sind.

Faulhorne nur $0''',079$, und während das Barometer in der Tiefe vom Maximum um $9\frac{1}{2}$ Uhr Morgens bis zum Minimum 3,8 Uhr um etwa $0''',3$ sank, stieg es auf dem Faulhorne von $244''',181$ bis $244''',310$, also um $0''',129$; wir finden demnach am Tage eine völlige Umkehrung des Phänomenes: während nämlich das Barometer in der Tiefe im Allgemeinen sinkt, steigt es in der Höhe.

Wollen wir demnach die mittleren täglichen Oscillationen in verschiedenen Gegenden der Erde mit einander vergleichen, so ist eine Correction für die Meereshöhe der Beobachtungsorte erforderlich. Glücklicherweise geben die in den Alpen angestellten Messungen eine sehr einfache Regel für diese Correction. Nehmen wir an, der Barometerstand am Ufer des Meeres betrage $337''',5$, und es sey hier die mittlere Schwankung etwa D ; erheben wir uns dann bei unveränderter Breite und sinkt das Barometer um b Linien unter $337''',5$, so verwandelt sich die tägliche mittlere Schwankung in d . Wir können nun annehmen, es sey

$$d = D - a \cdot b,$$

wo a ein durch die Beobachtungen zu bestimmender Coefficient ist. Die Beobachtungen, welche ich im Sommer 1832 auf dem Rigi machte, geben in Vergleichung mit denen in Zürich

$$a = 0,003694.$$

Die Beobachtungen auf dem Rigi im J. 1833 geben in Vergleich mit denen in Basel, Bern und Zürich

$$a = 0,003986.$$

Die Messungen auf dem Faulhorne im J. 1832 geben in Vergleich mit denen zu Genf und Zürich

$$a = 0,003674.$$

Die Messungen an eben diesem Punkte im J. 1833 geben in Vergleich mit denen in Basel, Bern, Genf und Zürich

$$a = 0,002758.$$

Eine Reihe von Beobachtungen, welche Buchwalder auf dem Säntis und Horner in Zürich anstellten und welche mir letzterer mittheilte, giebt

$$a = 0,003630.$$

Eine Reihe von Messungen, welche Saussure auf dem Col du Géant anstellte, giebt in Vergleich mit denen in Genf und Chamouni

$$a = 0,004053.$$

Endlich giebt eine Reihe Messungen von Eschmann auf dem Rigi während des Winters in Vergleich mit denen in Zürich

$$a = 0,002856.$$

Wir können demnach annehmen, es sey in den Alpen

$$a = 0,003507.$$

Nähe dieselbe Größe giebt eine Vergleichung der Messungen zu Halle, Dresden, Jena, Prag, Zittau, Gotha, Freiberg und Altenberg. Wir finden darnach nämlich

$$a = 0,003628.$$

Die an verschiedenen Orten des tropischen America angestellten Messungen geben

$$a = 0,002441.$$

Nehmen wir das Mittel aller dieser Bestimmungen, so wird

$$a = 0,003413.$$

Um demnach die Größe der täglichen Oscillationen aufs Niveau des Meeres zu reduciren, suchen wir an einem Orte zuerst die Differenz der Barometerhöhe zur Zeit der beiden Maxima und Minima auf; dann multipliciren wir die Zahl von Linien, um welche das Barometer tiefer steht, als $337''',5$ mit $0,003413$, und addiren das Product zu der vorher gefundenen Differenz.

Tägliche Oscillationen in verschiedenen Breiten.

Die folgende Tafel enthält die Größe der mittlern täglichen Oscillation in verschiedenen Breiten, hergeleitet aus einer größern oder geringern Zahl von Messungen während des Tages. Es enthält die zweite Verticalspalte die geographische Breite des Beobachtungsortes, die dritte den mittlern Barometerstand, die vierte die Größe der mittlern täglichen Oscillation, so wie sie sich direct aus den Messungen ergiebt, und die fünfte enthält eben

diese Größe nach der so eben mitgetheilten Regel auf das Niveau des Meeres reducirt.

Ort	Breite	Mittlerer Barometerstand	Mittlere tägl. Oscillation	
			Beobachtet	Reducirt
Lima	12° 3' S	328 ^{'''} ,8	1 ^{'''} ,202	1 ^{'''} ,232
Caracas	10. 31 N	302,3	0,960	1,080
Papua	5. 6 S	336,0	0,921	0,921
Santa Fé de Bogotá	4. 36 N	248,2	0,889	1,194
Yagué	4. 28 N	292,0	0,851	1,006
Popayan	2. 26 N	274,0	0,850	1,067
la Guayra	10. 36 N	336,6	0,839	0,842
Calcutta	22. 35 N	336,4	0,815	0,819
Callao	12. 3 S	336,8	0,814	0,815
Cumana	10. 28 N	335,2	0,789	0,797
Großer Ocean	0	...	0,756	0,756
Rio Janeiro	22. 54 S	339,1	0,754	0,754
Chittledroog	14. 11 N	308,1	0,733	0,799
Taiti	17. 29 S	337,5	0,729	0,729
Mexico	19. 26 N	258,5	0,704	0,973
Großer Ocean	16. 0 S	...	0,688	0,688
Sierra Leone	8. 30 N	334,4	0,685	0,696
Cairo	30. 2 N	335,7	0,683	0,689
Quito	0. 13 S	245,5	0,655	0,969
Großer Ocean	18. 0 N	...	0,641	0,641
Antisana	0. 33 N	208,5	0,557	0,997
Rom	41. 54 N	255,5	0,435	0,442
Basel	47. 34 N	327,5	0,373	0,407
Dijon	44. 29 N	334,9	0,372	0,381
Brüssel	50. 50 N	335,6	0,355	0,361
Clermont	45. 27 N	322,7	0,346	0,362
Mailand	45. 28 N	333,4	0,333	0,347
Ehur	46. 51 N	315,2	0,316	0,392
Frankfurt a. M.	50. 8 N	333,6	0,316	0,329
Hrstadt	50. 50 N	326,0	0,296	0,335
Heidelberg	49. 25 N	335,5	0,288	0,279
Mannheim	49. 29 N	332,8	0,255	0,271

Ort	Breite	Mittlerer Barometerstand	Mittlere tägl. Oscillation	
			Beobachtet	Reducirt
Paris	48° 50' N	335 ^{'''} ,4	0 ^{'''} ,242	0 ^{'''} ,249
Jena	50. 56 N	332,1	0,241	0,259
Christiania	59. 55 N	336,0	0,230	0,230
Prag	50. 5 N	329,8	0,227	0,253
Padua	45. 24 N	335,5	0,214	0,227
Halle	51. 29 N	334,0	0,209	0,221
Dresden	51. 7 N	330,0	0,209	0,235
Gotha	50. 56 N	324,0	0,199	0,245
Zittau	50. 52 N	328,0	0,199	0,231
Münster	51. 58 N	334,6	0,189	0,199
Wetzlar	50. 52 N	329,7	0,174	0,201
Apenrade	55. 3 N	336,4	0,159	0,163
Berlin	52. 33 N	336,3	0,152	0,156
Hungerhafen	53. 38 S	332,7	0,152	0,152
Altenberg	50. 45 N	308,4	0,146	0,245
Freiberg	50. 55 N	321,9	0,135	0,188
Cracau	50. 4 N	329,1	0,131	0,160
Danzig	54. 21 N	336,6	0,130	0,133
Ubo	60. 27 N	336,7	0,113	0,114
Edinburg	55. 55 N	331,1	0,092	0,114
Königsberg	54. 42 N	337,3	0,084	0,084
Petersburg	59. 56 N	336,6	0,059	0,063
Rasan	55. 48 N	336,1	0,052	0,057

Wie diese Tafel auf das Bestimmteste zeigt, werden diese täglichen Schwankungen desto kleiner, je weiter wir uns vom Aequator entfernen; ob indessen bei einerlei Breite eine Ungleichheit an den Küsten des Meeres oder im Innern des Landes vorhanden sey, darüber geben die bisherigen Messungen keinen Aufschluß, und wir wollen daher so lange, bis die Beobachtungen das Gegentheil erweisen werden, annehmen, diese Größe sey allenthalben in derselben Breite und bei einerlei Barometerstand gleich. Nehmen wir dann die in der letzten Spalte mitgetheilten und auf das Niveau des Meeres reducirten Größen und leiten daraus das Gesetz her, welches die Abhängigkeit dieser Schwan-

fungen von der Polshöhe ausdrückt, so finden wir für die Größe dieser Oscillation am Aequator $1''',011$ und für die verschiedenen Oscillationen folgende Polshöhen:

Oscillation von $1''',0$	Breite $5^{\circ} 26'$
. 0,9	. . . 17. 52
. 0,8	. . . 23. 55
. 0,7	. . . 29. 28
. 0,6	. . . 34. 26
. 0,5	. . . 39. 4
. 0,4	. . . 43. 34
. 0,3	. . . 48. 1
. 0,2	. . . 52. 33
. 0,1	. . . 57. 17
. 0	. . . 62. 25

Bei einer frühern Untersuchung dieses Gegenstandes hatte ich die Reduction der Oscillationen auf das Ufer des Meeres nicht vorgenommen, und dadurch Größen erhalten, welche von den hier mitgetheilten abweichen. Besonders war dieses in der Nähe des Aequators der Fall, wovon der Grund darin lag, daß ein großer Theil der in dieser Gegend gemachten Messungen an Punkten vorgenommen war, welche eine bedeutende Meereshöhe haben. Darnach fand ich am Aequator die Größe $0''',854$, und in einer Breite von etwa 68° verschwanden die Oscillationen ganz, indem der mittlere Werth derselben 0 ist. Welche Klasse von Größen wir also auch zum Grunde legen müssen, stets finden wir, daß in Breiten von 60 bis 70° die mittlere Oscillation gleich Null wird, und in noch größerer Nähe am Pole geben die von mir erhaltenen Ausdrücke dieser Oscillation negative Werthe, was auch H ä l l s t r ö m schon früher gefunden hatte. Diese negativen Werthe würden beweisen, daß der mittlere Barometerstand um 4 Uhr Morgens und Abends größer wäre, als um 10 Uhr Morgens und Abends. Ob aber diese Folgerung naturgemäß sey, läßt sich bis jetzt nicht entscheiden, da es in so hohen Breiten ganz an genügenden Messungen fehlt. Die Engländer haben allerdings auf ihren Polarreisen das Barometer mehrmals am Tage beobachtet, jedoch genügen die mir bekannten Resultate dieser Aufzeichnungen nicht, um daraus etwas Bestimmtes herzulei-

ten. Mehrere dieser Beobachtungen sind durch ein mehrstündiges Intervall getrennt, und der Gang des Luftdruckes in dieser Zwischenzeit bleibt daher unbekannt; von den gegebenen Breiten ahnen einige einen Gang, welcher dem in niederen Breiten ähnlich ist, andere dagegen sind ihm entgegengesetzt. Die umfassendste Reihe dieser Messungen, die von Parry im Hafen Bowen in $73^{\circ} 14' N$, giebt nach einer von mir angestellten Rechnung für die Größe dieser Oscillation — $0''',128$, wenig abweichend von der Größe von etwa — $0''',170$, welche der erwähnte Ausdruck in dieser Breite giebt. Ich lege jedoch auf diese Uebereinstimmung nur einen geringen Werth, da die Messungen von Parry noch sehr Vieles zu wünschen übrig lassen.

Ursache aller Barometeränderungen.

Es giebt vielleicht wenig Phänomene, über welche so viele Hypothesen angestellt sind, als über die Aenderungen des Barometers; kein Instrument wird so häufig gelobt oder getadelt, als dieses. Wenn bei hohem Barometerstande schönes Wetter, bei tiefem dagegen Regen und Sturm eintritt, dann heißt es, wie das Instrument diese Witterung mit großer Genauigkeit anzeigt habe. Wenn es dagegen bei großem Luftdrucke anhaltend trübe ist und Regen herabfällt, oder die heitere Luft bei geringem Drucke völlig ruhig ist, dann erschallen eben so laute Klagen über die geringe Zuverlässigkeit des Instrumentes. So wenig jedoch dieses das große Lob im ersten Falle verdient, eben so ungerecht ist der Tadel im zweiten Falle. Das Barometer giebt zunächst weiter nichts als den Druck der Atmosphäre an; je nachdem dieser größer oder kleiner wird, steigt oder sinkt es, und wenn diese Aenderungen auch häufig mit der verschiedenen Witterung zusammenhängen, so war es doch eine voreilige Behauptung der Physiker des 17ten Jahrhunderts, daß sie gerade dieses untergeordnete Phänomen als die Hauptsache ansahen. Dieser Zusammenhang des Luftdruckes mit der Witterung, welcher sich freilich häufig zu erkennen giebt, hat seinen Grund nur in der eigenthümlichen Lage Europas; sind anhaltende Beobachtungen erst von einem großen Theile der Erde bekannt, so wird dieses locale Verhältniß in den von uns beobachteten Gegenden Europas deutlicher hervortreten.

Schon vor etwa 200 Jahren construirte der Deutsche Sturm ein Instrument, welches lange Zeit unbeachtet, in neueren Zeiten von Leslie und Rumford mit vielem Erfolg bei mehreren Untersuchungen benutzt wurde und von ihnen den Namen des Differentialthermometers erhielt, weil es dazu dient, die Temperaturdifferenz zwischen zwei nahe liegenden Punkten anzugeben. Man biege eine enge Barometerröhre oder eine weite Thermometerröhre zu zwei parallelen Schenkeln und versehe letztere an beiden Enden mit Kugeln von etwa einem Zoll Durchmesser. Nachdem man in die Röhre einige Tropfen irgend einer Flüssigkeit gegossen hat, schmelze man die beiden Kugeln zu. Die Luftmassen, welche in letzteren enthalten sind, werden durch die eingeschüttete Flüssigkeit von einander getrennt. Hat nun dieser Apparat allenthalben einerlei Temperatur, so nimmt diese sperrende Flüssigkeit eine bestimmte Länge an, und wie groß auch die Temperatur seyn möge, welcher wir den Apparat aussetzen, stets bleibt diese Lage unverändert, so bald nur allenthalben die Wärme gleich ist. Würde aber die eine Kugel, welche wir mit A bezeichnen wollen, erwärmt, während die zweite Kugel B die vorige Temperatur behält, so wird dieses Gleichgewicht aufgehoben; wegen dieser Wärmezunahme erhält die in A enthaltene Luft eine größere Elasticität, und so wird die sperrende Flüssigkeit sich von A nach B bewegen, und zwar desto mehr, je bedeutender die Erwärmung von A war. Der Erfolg wäre derselbe geblieben, hätte die Kugel A ihre Temperatur behalten, während B erkaltet worden wäre.

Das Barometer hat in seinem Verhalten die größte Ähnlichkeit mit dem Differentialthermometer, indem es uns die Temperaturverschiedenheiten von Gegenden angiebt, welche mehr oder minder weit von einander entfernt seyn können. Um dieses einzusehen, dürfen wir nur dieselben Betrachtungen, die wir oben über die Entstehung der Winde anstellten (S. 41.), weiter ausdehnen. Wäre nämlich auf der ganzen Erde die Temperatur gleich, und hätten auch die der Meeresfläche parallelen Schichten in der Höhe allenthalben gleiche Wärme, so würde ein vollkommenes Gleichgewicht des Luftocceans vorhanden seyn, Winde wären unbekannt und der Luftdruck in gleicher Höhe allenthalben derselbe. So wie jedoch die Gegend EF (Taf. II. Fig. 1.) stärker erwärmt wird, während AE und FB ihre Temperatur behal-

ten, fließt in den höheren Schichten der Atmosphäre ein Theil der Luft aus der warmen Gegend ab, und in Folge dessen muß das Barometer sinken. Behielte EF seine Temperatur, während AE und FB kälter werden, so würde dasselbe erfolgen, aber der Luftdruck in diesen Gegenden nimmt wegen der von EF angekommenen Luftmasse zu. So also war im ersten Falle mit dem Steigen des Thermometers ein Sinken des Barometers, im zweiten mit dem Sinken des Thermometers ein Steigen des Barometers verbunden. Aber hier zeigt sich dieselbe Unbestimmtheit, welche wir beim Differentialthermometer vorher erwähnten. Wenn nämlich EF erwärmt wird, während die benachbarten Gegenden ihre Temperatur behalten, so sinkt über EF zwar das Barometer mit steigender Wärme, es steigt aber gleichzeitig über AE und FB, ohne daß sich hier die Wärme ändert. Wir müssen demnach diesen Zusammenhang beider Instrumente folgendermaßen ausdrücken: Sinkt das Barometer in einer Gegend, so folgt daraus, daß diese Gegend wärmer wird, als die Umgebungen, möge sie erwärmt oder die Umgegend erkaltet werden; ein Steigen des Barometers zeigt dagegen an, daß diese Gegend kälter werde, als die Umgebungen.

Odgleich zu einem vollständigen Beweise dieses Satzes gleichzeitige Beobachtungen an einer größern Zahl entfernter Orte nöthig ist, so kann man doch schon die Richtigkeit desselben durch die Messungen an einem einzigen Punkte erkennen. Man beobachte demnach täglich ein oder mehrmals zu bestimmten Stunden auch gleichzeitig das Barometer und Thermometer, und suche die Aenderung jedes dieser Instrumente von einer Beobachtung bis zu der andern, welche am folgenden Tage bis zu derselben Stunde gemacht ist. Hier zeigt sich in der Regel, daß das Barometer gestiegen ist, während das Thermometer gesunken war. Das Gesetz dieses Zusammenhanges zu erkennen, suche man im Mittel vieler Beobachtungen die Aenderungen des Thermometers auf, welche dann Statt fanden, wenn das Barometer um 1, 2, 3 . . . Linien gestiegen oder gesunken war. Ich habe diese Rechnung für verschiedene Orte vorgenommen, und die folgende Tafel enthält die Resultate, wobei das Zeichen + bedeutet, daß eines dieser Instrumente gestiegen, das Zeichen, — das es gesunken war.

Ändert sich das Barometer um	so ändert sich das Thermometer um			
	Bagdad	Ofen	Cambridge	Casaford
+ 10"	. . .	. . .	. . .	— 8°,85
+ 8	. . .	. . .	. . .	— 5,99
+ 7	. . .	. . .	— 6°,53	— 2,35
+ 6	. . .	. . .	. . .	— 3,48
+ 5	. . .	— 5°,42	— 5,59	— 2,88
+ 4	. . .	— 2,55	— 3,19	— 2,35
+ 3	— 3°,92	— 1,76	— 1,86	— 1,56
+ 2	— 1,39	— 1,15	— 1,65	— 1,00
+ 1	— 0,42	— 0,87	— 0,72	— 0,74
— 1	+ 0,69	+ 0,51	+ 0,42	+ 0,20
— 2	+ 0,84	+ 0,68	+ 1,94	+ 1,11
— 3	+ 1,94	+ 2,00	+ 2,39	+ 1,64
— 4	. . .	+ 2,19	+ 2,11	+ 2,56
— 5	. . .	+ 1,95	+ 2,78	+ 3,58
— 6	. . .	. . .	. . .	+ 4,31
— 7	. . .	. . .	+ 3,70	+ 5,64
— 8	. . .	. . .	. . .	+ 7,00
— 10	. . .	. . .	. . .	+ 10,50

Die Orte, von denen hier die Resultate gegeben sind, haben sowohl in Betreff ihrer Breite, als ihrer übrigen Verhältnisse eine sehr ungleiche Lage. Denn während Ofen uns die Sprache des Barometers für das Innere Europas angiebt, treffen wir in Bagdad die von dem asiatischen Continente; Cambridge in Massachusetts dagegen zeigt uns das Gesetz dieser Änderungen an der Ostküste des Festlandes, und Casaford auf Island in einem eigentlichen Inselklima. Ungeachtet dieser großen Verschiedenheit in der geographischen Lage treffen wir doch allenthalben dasselbe Gesetz für die gegenseitige Abhängigkeit beider Instrumente; denn wenn die Änderungen des einen von ihnen mit + bezeichnet sind, finden wir bei den andern —, und eben dieselben Messungen, welche Boussingault während eines Jahres zu Santa Fé de Bogota im tropischen America gemacht hat. Ungeachtet die obige Tafel noch manche Anomalieen zeigt, deren Grund darin zu suchen ist, daß die Messungen an keinem dieser

Orte hinreichend lange fortgesetzt sind, so zeigen doch alle darin gegebenen Zahlen nicht bloß den Gegensatz der Zeichen bei beiden Instrumenten, sondern es fällt auch sogleich in die Augen, daß die Änderungen des Thermometers desto bedeutender werden, je größer die des Barometers sind; ja wenn wir ein mathematisches Gesetz für diese Abhängigkeit aufsuchen, so finden wir fast an allen diesen Orten dieselben Größen.

Wer mit einiger Aufmerksamkeit den Gang beider Instrumente verfolgt, kann sich nicht selten schon nach wenigen Tagen von der Richtigkeit des Gesagten überzeugen, besonders wenn die Vergleichung während des Winters gemacht wird. Indessen giebt es auch viele Fälle, in welchen das Thermometer unverändert blieb, während das Barometer bedeutend sank oder stieg. Ist man jedoch alsdann im Stande gleichzeitige Beobachtungen von einem großen Theile der Erde zu benutzen, so erkennt man nicht selten, daß ein Sinken des Barometers, welches in unseren Gegenden bei unveränderter Temperatur Statt findet, seinen Grund darin hat, daß in entfernten Gegenden eine große Kälte Statt fand.

Es gesellt sich dazu noch ein anderer Umstand, welcher in der verschiedenen Beschaffenheit der Instrumente seinen Grund hat. Fast alle meteorologischen Instrumente, Windfahne, Thermometer, Hygrometer u. s. w., sind nur eigentlich locale Werkzeuge; sie geben das an, was an dem Punkte Statt findet, wo sie sich befinden, und wenn gleich ein hoher Thermometerstand am Boden meistens von einer großen Wärme in den oberen Regionen der Atmosphäre begleitet ist, so giebt es doch in einzelnen Fällen bedeutende Abweichungen von dem allgemeinen Gesetze. So erfordert z. B. der Höhenunterschied zwischen Halle und dem Brocken, daß der höhere Punkt etwa 4 Grad kälter seyn müsse, als der untere; aber eine Vergleichung einjähriger gleichzeitiger Beobachtungen zeigt bedeutende Differenzen; denn in dem kalten Winter 1837 — 1838 ist es nicht selten geschehen, daß das Thermometer in der Höhe 5 — 10 Grad der 80theiligen Scale höher stand, als unten. Ähnliche Anomalieen zeigen alle übrigen Instrumente, wir erfahren die Wärme, Feuchtigkeit und Windrichtungen nur von den Gegenden, an denen sie sich befinden, und schon in der Entfernung von 100 oder weniger Fuß können ganz

andere Anzeigen seyn. Das Barometer dagegen giebt die mittleren Verhältnisse von dem Punkte, wo es hängt, bis zu der obern Gränze der Atmosphäre, und seine Angaben werden daher umfassender, zumal wenn wir erwägen, daß es uns zugleich die Temperaturdifferenzen entfernter Gegenden ausdrückt. Hätten wir ein ähnliches Instrument, welches uns die mittlere Temperatur der ganzen über uns befindlichen Luftmasse angäbe, dann würde ein großer Theil der Abweichungen von unserm allgemeinen Gesetze verschwinden; selbst wenn man die Temperatur eines nur mehrere tausend Fuß höher liegenden Punktes zu vergleichen im Stande ist, kann man schon häufig die Ursache derselben erkennen.

Folgendes Beispiel zeigt sehr auffallend, wie sehr verschieden die Aenderungen der Temperatur in der Höhe und Tiefe seyn können. Nachdem im Anfange des November 1838 die Witterung mehr oder minder freundlich gewesen war, fiel in Halle am 18ten Schnee, und bei östlichen Winden sank das Thermometer unter den Gefrierpunkt, wobei das Barometer im Allgemeinen einen niedrigen Stand hatte. Der Himmel war mehrere Tage hindurch ganz trübe. In der folgenden Tafel gebe ich die um 6 Uhr Morgens, 2 und 10 Uhr Abends gemachten Beobachtungen des Barometers und Thermometers, die neben jeder dieser Angaben stehende Zahl mit der Ueberschrift Aenderung zeigt, um wieviel jedes dieser Instrumente seit 24 Stunden gestiegen (+) oder gesunken (—) war, daneben steht Windrichtung und Witterung in Halle. Für den Brocken gebe ich nur die gleichzeitigen Beobachtungen des Thermometers, nebst den zugehörigen Aenderungen und die Windrichtung, beides nach den sorgfältigen Aufzeichnungen des Wirthes Rehsse.

1838	November	Stunde	Barometer	Aenderung	Therm.	Aenderung	Wind	Witterung	Therm.	Aenderung	Wind	Witterung	Therm.	Aenderung	Wind
23	6	329,94	+0,36	30,8	—	0,3	ND	Trübe	70,9	—	ND	Trübe	70,9	—	ND
		30,61	+1,20	3,7	—	1,4	ND	Trübe	5,6	—	ND	Trübe	5,6	—	ND
24	10	31,91	+2,29	3,8	—	0,1	ND	Trübe	6,1	—	ND	Trübe	6,1	—	ND
		32,21	+2,27	4,8	—	1,0	ND	Trübe	6,6	—	ND	Trübe	6,6	—	ND
25	6	31,88	+1,27	4,2	—	0,5	ND	Trübe	5,4	—	ND	Trübe	5,4	—	ND
		32,02	+0,11	5,4	—	1,6	ND	Trübe	7,8	—	ND	Trübe	7,8	—	ND
26	6	32,78	+0,57	6,1	—	1,3	ND	Trübe	9,1	—	ND	Trübe	9,1	—	ND
		33,78	+1,90	3,9	—	0,3	ND	Trübe	9,2	—	ND	Trübe	9,2	—	ND
27	6	35,22	+2,44	6,0	—	0,6	ND	Trübe	9,5	—	ND	Trübe	9,5	—	ND
		35,75	+0,53	9,6	—	3,5	ND	Trübe	9,0	—	ND	Trübe	9,0	—	ND
28	6	36,12	+0,38	4,4	—	0,6	ND	Trübe	10,4	—	ND	Trübe	10,4	—	ND
		36,36	+0,24	6,6	—	0,2	ND	Trübe	10,6	—	ND	Trübe	10,6	—	ND
29	6	36,08	+0,33	9,4	—	4,8	ND	Trübe	11,6	—	ND	Trübe	11,6	—	ND
		36,05	+0,07	8,2	—	1,7	ND	Trübe	9,5	—	ND	Trübe	9,5	—	ND
30	6	35,09	—3,27	8,3	—	3,0	ND	Trübe	10,6	—	ND	Trübe	10,6	—	ND
		31,70	—4,38	12,4	—	4,6	ND	Trübe	6,5	—	ND	Trübe	6,5	—	ND
31	6	31,18	—8,51	4,6	—	1,8	ND	Trübe	5,0	—	ND	Trübe	5,0	—	ND
		29,58	—1,60	6,5	—	11,7	ND	Trübe	4,1	—	ND	Trübe	4,1	—	ND
32	6	27,12	—4,58	0,7	—	13,0	ND	Trübe	2,1	—	ND	Trübe	2,1	—	ND
		26,88	—4,30	3,8	—	9,2	ND	Trübe	0,6	—	ND	Trübe	0,6	—	ND
33	6	27,44	—2,56	2,7	—	9,2	ND	Trübe	1,1	—	ND	Trübe	1,1	—	ND
		27,44	—2,56	2,7	—	9,2	ND	Trübe	1,1	—	ND	Trübe	1,1	—	ND

Vom 23ten bis zum 26ten steigt das Barometer in Halle mehr oder weniger langsam bei trübem Himmel und östlichen Winden, gleichzeitig sinkt die Temperatur in Halle, wie es unser allgemeines Gesetz erfordert, und nur am 25ten und 26ten um 2 Uhr finden wir eine Ausnahme, indem das Thermometer um $0^{\circ},3$ höher steht, als um 2 Uhr am 24ten, aber seit längerer Zeit drang zuerst die Sonne durch die Wolken, und so stieg das Thermometer um Mittag. Vom 27ten bis 29ten finden wir Abnahme des Luftdruckes und damit ist im Allgemeinen eine Zunahme der Wärme verbunden, jedoch am 27ten und am Morgen des 28ten zeigen die Beobachtungen in Halle eine auffallende Abweichung von der Regel, denn bedeutend nahm die Kälte zu. Aber in diesen Tagen war der Himmel so heiter und so rein, wie ich ihn selten in dieser Jahreszeit gesehen habe, und so war eine lebhafte Wärmestrahlung des Bodens möglich, in Folge deren er stark erkaltete. In der Höhe wehte um diese Zeit bereits ein lebhafter Südwind, auf dem Brocken sank daher die Temperatur nicht so bedeutend als in Halle, ja es stand am Morgen des 28ten, wo in Halle die Temperatur am tiefsten war, oben sogar fast $6^{\circ} R$ höher als unten; die Strahlung war dort vielleicht weniger lebhaft und der Südwind bewirkte durch seine Wärme bereits ein rasches Steigen des Thermometers, welches sich zwar auch in Halle zu erkennen giebt, jedoch war die mittlere Temperatur des 28ten in Halle mehrere Grade niedriger als auf dem Brocken.

Ähnliche Thatsachen könnte ich in Menge mittheilen; stets zeigt sich, daß die Verhältnisse entfernter Gegenden Ursache sind, daß sich das Barometer bei unveränderter Temperatur sehr schnell ändert. Freilich ist es ein Uebelstand für den isolirten Beobachter, daß Ereignisse dieser Art in dem Momente, wo er dieselben wahrnimmt, so unerklärbar dastehen, um so mehr, da die Witterung, je nach der Verschiedenheit der Ursache, einen andern Character annimmt, und da die Verschiedenheit in der Sprache des Barometers vorzugsweise davon abhängt, ob ein plötzliches Sinken dieses Instrumentes seinen Grund in einer ungewöhnlichen Wärmezunahme unserer oder in einer starken Erkaltung entfernter Gegenden habe. Dieses ist aber ein Uebelstand, welcher keinesweges dem Barometer zum Vorwurfe gereicht, er hat

seinen Grund vorzugsweise in der Beschränktheit unseres Gesichtskreises überhaupt; und ich glaube nicht genug davor warnen zu können, auf isolirte Thatsachen dieser Art neue Hypothesen gründen zu wollen; denn bei so auffallenden Phänomenen, welche im Augenblicke ihrer Erscheinung in Europa ein großes Aufsehen erregten, lag die Ursache nicht selten im Innern von Asien oder der vereinigten Staaten, und eine Verfolgung derselben zeigt auf eine auffallende Weise, wie alle Veränderungen der Witterung und namentlich starke Abweichungen von dem mittlern Gange derselben auf der ganzen Erde in einem innigen Zusammenhange stehen.

Ursache der täglichen Variationen.

Die Schwierigkeit, einzelne Phänomene aus der oben erwähnten Ursache abzuleiten, zeigt sich sehr auffallend bei den täglichen Variationen, und viele Physiker haben daher zu einer Anziehung der Atmosphäre durch Sonne und Mond ihre Zuflucht genommen, auf eine ähnliche Weise, als dieses bei der Ebbe und Fluth des Meeres geschieht. Haben nun gleich diese beiden Erscheinungen einige Ähnlichkeit, so zeigen sich doch zwischen ihnen solche Verschiedenheiten, daß wir sie nicht auf dieselbe Art erklären können. Wäre nämlich die Anziehung von Sonne und Mond die Ursache, so müßte sich die Zeit des größten Luftdruckes eben so mit der Stellung des Mondes gegen den Meridian ändern, als wir dieses beim Hochwasser im Meere beobachten; davon ist aber bis jetzt kaum eine Spur aufgefunden worden.

Wahrscheinlicher ist es, daß dieses Phänomen von der Wärme der Sonne abhängt, wie dieses Bouguer vermuthete und wie dieses späterhin Laplace und Ramond annahmen. Namentlich hat Letzterer eine Erklärung mitgetheilt, welche mir die Hauptumstände bei diesem Vorgange zu umfassen scheint. Während sich nämlich die Sonne in unserm Meridiane befindet, erwärmt sie den Theil der Erde, welcher zwischen den Orten liegt, an denen sie in diesem Momente auf- und untergeht. Diese Erwärmung zeigt sich vorzugsweise zwischen den Meridianen, in denen es 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Abends ist, während die Sonne bei uns culminirt. Indem die Luft durch

diese Erwärmung ausgedehnt wird, erhält die Atmosphäre in dem erwärmten Raume eine größere Höhe als in den benachbarten Gegenden, ein Theil der oberen Schichten fließt ab und das Barometer sinkt; dieses steigt dagegen durch den Druck der hinzugekommenen Luftmassen in den Räumen zwischen den Meridianen von 3 und 9 Uhr, so wie zwischen 15 Uhr und 21 Uhr; in dem einen dieser Räume ist die Luft noch von der Nacht her kalt, die Atmosphäre hat eine geringere Höhe und es kann Luft zufließen; in dem zweiten erkaltet die Luft, nachdem die Zeit der größten täglichen Wärme vorüber ist. So verbreitet sich diese Bewegung nach und nach aus einer Gegend in die benachbarte und wird dadurch dem Theile der Erde mitgetheilt, welcher von unserm Meridiane aus gerechnet zwischen den Nachtkreisen liegt. Das Barometer sinkt daher von 9 Uhr bis 16 Uhr, weil die Atmosphäre durch Verminderung der Kälte während der Nacht an Dichtigkeit, durch den Antheil, welchen ihre oberen Schichten den beiden benachbarten Regionen gegeben haben, aber an Höhe verloren hat. So ergeben sich hieraus die beiden Maxima und das Minimum während des Tages. Was das Minimum am Morgen betrifft, so tritt alsdann östlich von dem Orte, wo dieses erfolgt, die kleinste Wärme ein, und es fließt also dahin ein Theil der Luft aus den westlich gelegenen Gegenden, weshalb das Barometer sinkt.

Aus dieser Ansicht ergiebt sich das Phänomen im Allgemeinen mit ziemlicher Einfachheit, und zugleich erkennt man den Einfluß, welchen die Jahreszeiten in unsern Klimaten darauf haben. Denn so wie die Tage im Frühlinge länger werden und namentlich die Zeit, wo die kleinste Temperatur am Morgen Statt findet, früher eintritt, rückt der Moment des Minimums am Morgen näher gegen Mitternacht. Ganz etwas Aehnliches läßt sich von den übrigen Wendestunden sagen. Eben so wird im Sommer, wo der Unterschied der täglichen Wärmeextreme größer ist, als im Winter, diese tägliche Oscillation ebenfalls bedeutender.

Dagegen ist nicht zu leugnen, daß noch manche Schwierigkeiten übrig bleiben, wenn wir alle einzelnen Umstände aus dieser Ansicht ableiten wollen. Schwer durchzuführen ist die Aenderung der Größe dieser Oscillation mit der Entfernung vom Aequator, da hier die Unterschiede der täglichen Temperaturextreme im

Durchschnitte der Continente und Küstengegenden nicht viel von diesen Größen in höheren Breiten abweichen, und wofern wir nicht mit Daniel annehmen, daß die Luft nicht bloß wie in der obigen Hypothese in einer auf dem Meridiane senkrechten Richtung ströme, sondern sich auch von dem Aequator gegen die Pole bewege, dürfte es sehr schwierig seyn, diesen Einfluß der Polhöhe nachzuweisen. Es würde ferner aus dieser Ansicht folgen, daß die täglichen Oscillationen in der Nähe der Meeresküsten und noch mehr auf dem hohen Meere etwas kleiner seyn, als im Innern der Festländer, weil hier wegen stärkerer Wärmestrahlung die täglichen Aenderungen des Thermometers bedeutend sind. Die wenigen Beobachtungen in den Tropengegenden sind im Allgemeinen dieser Ansicht günstig; dagegen könnte man in den wenigen Thatfachen, welche wir über diesen Gegenstand in höheren Breiten besitzen, eher das Gegentheil finden.

Eine andere Ansicht über die Ursache dieser Aenderungen ist von Dove gegeben worden. Da nämlich die trockene Luft und die mit ihr vermischten Wasserdämpfe gemeinschaftlich auf das Barometer drücken, die in ihm gehobene Quecksilbersäule also aus zwei Theilen besteht, deren einer durch die trockene Luft, der andere durch die Wasserdämpfe getragen wird, so sieht man leicht ein, daß, da mit steigender Wärme die Dichtigkeit der Luft sich mindert, während die Verdampfung steigt, die täglichen Barometerveränderungen mit dem täglichen Temperaturwechsel nicht in einem leicht übersichtlichen Zusammenhange stehen werden. So lange wir nämlich nicht das quantitative Verhältniß beider zu lange wir nämlich nicht das quantitative Verhältniß beider zu gleich, aber im entgegengesetzten Sinne Statt findenden Veränderungen kennen, läßt sich nicht einmal bestimmen, ob der Gesamtdruck mit einem Wachsen der Wärme zu- oder abnehmen wird, ob nicht vielleicht in einem Theile des Tages das Uebergewicht auf Seiten der einen Veränderung ist, den übrigen Theil auf Seiten der andern.

Von diesen Betrachtungen ausgehend benutzt Dove die Beobachtungen, welche Reuber in Apennin mit einem Hygrometer nach der Einrichtung Daniel's anstellte. Er bestimmte darnach den Druck der Dampfathmosphäre für die einzelnen Stunden des Tages und subtrahirte die so gefundene Größe von dem Barometerstande. Indem auf diese Art der Druck der

trockenen Luft isolirt dargestellt wird, ergiebt sich das auffallende Resultat, daß wir ein tägliches Maximum und Minimum erhalten. Ich gebe in folgender Tafel die Resultate, welche Dove für die trockene Luft erhalten hat, indem ich für die übrigen Bestimmungen auf seine Abhandlung in Poggendorff's Annalen der Physik Band XXII. S. 231. verweise.

Stunde	Jahr	Sommer	Herbst	Winter	Frühling
Mittag	332''',057	330''',081	329''',746	333''',759	334''',474
1	1,983	0,004	9,669	3,632	4,414
2	1,949	29,983	9,639	3,588	4,389
3	1,962	30,017	9,661	3,578	4,395
4	2,021	0,107	9,729	3,607	4,442
5	2,120	0,249	9,986	3,669	4,524
6	2,245	0,433	29,977	3,690	4,634
7	2,381	0,648	30,036	3,839	4,753
8	2,593	0,881	0,058	3,911	4,976
9	2,626	1,112	0,173	3,954	5,028
10	2,712	1,325	0,203	3,961	5,141
11	2,768	1,504	0,212	3,934	5,230
Mitternacht	2,797	1,634	0,224	3,946	5,290
13	2,803	1,707	0,236	3,825	5,319
14	2,793	1,718	0,259	3,775	5,321
15	2,772	1,666	0,292	3,745	5,291
16	2,743	1,558	0,326	3,742	5,240
17	2,704	1,402	0,349	3,764	5,170
18	2,652	1,211	0,306	3,738	5,085
19	2,583	0,998	0,313	3,837	4,987
20	2,416	0,777	0,297	3,859	4,797
21	2,390	0,563	30,127	3,856	4,769
22	2,275	0,368	29,996	3,823	4,660
23	2,159	0,204	9,866	3,766	4,558

Betrachten wir zunächst die Verhältnisse des ganzen Jahres, so finden wir, daß der Druck der trockenen Luft um etwa 1 Uhr Morgens am größten ist, von hier aus abnimmt, und nun um etwa 2 Uhr Abends seinen kleinsten Werth erreicht. Der Unterschied beider Extreme beträgt etwa 0''',860. Ähnliche Verhältnisse zeigen sich auch in den übrigen Jahreszeiten, aber der Unterschied zwischen den Extremen steigt im Sommer bis zu 1½ Linien. Höchst einfach ergiebt sich dieser Theil des Phänomenes aus den Aenderungen der Wärme während des Tages. Wenn nämlich am Morgen die Temperatur der Atmosphäre zunimmt und diese in Folge davon eine größere Höhe erreicht, so fließt ein Theil der oberen Luftschichten ab, und der Luftdruck nimmt bis zur größten Tageswärme ab, worauf später neue Luftmassen, welche aus den

westlicher liegenden und stärker erwärmten Gegenden ankommen, den Druck vergrößern. Dieses einzige Maximum und Minimum in dem Drucke der trockenen Luft wird jedoch durch die während des Tages aufsteigende Dampfmenge vergrößert. Denn da diese zu eben der Zeit schnell wächst, wo der Druck der trockenen Luft zu eben der Zeit schnell wächst, so verhindert sie nicht bloß diese Abnahme, sondern ist sogar Ursache, daß das Barometer am Morgen steigt, bis endlich deshalb ein Maximum eintritt, weil die schnelle Abnahme der trockenen Luft ein Uebergewicht erhält. Aus eben dem Grunde finden wir gegen Morgen ein Minimum, weil die Abnahme der Dampfmenge während der Nacht schneller erfolgt, als die Zunahme in dem Drucke der trockenen Luft.

Es ist sehr zu bedauern, daß diese Resultate nicht auf einer längeren Reihe von Jahren beruhen, zumal da das Jahr, in welchem diese Messungen gemacht wurden, ziemlich naß war. Während einer sehr trockenen Witterung habe ich mit dem Psychrometer im Sommer 1837 nur wenige hundert Schritt vom Rande der Ostsee etwas abweichende Resultate erhalten. Noch weit mehr aber ist dieses in Halle der Fall, und eben dieses bestätigt eine Reihe trefflicher Beobachtungen, welche Stierlin zu Münster während einer Zeit von 2 Monaten gemacht hat. Ich gebe in folgender Tafel die Resultate mehrjähriger Beobachtungen für den Januar und Julius in Halle, wo die Größen von 4 Uhr bis 17 Uhr aber durch Interpolation gefunden sind; eben so die von Stierlin gefundenen Werthe für den Druck der trockenen Luft am Ende April und Anfang Mai, so wie am Ende August und Anfang September.

Stunde	H a l l e		M ü n s t e r	
	Januar	Julius	Mai	September
Mittag	332''',653	328''',812	330''',286	329''',941
1	552	836	511	987
2	518	822	217	856
3	524	809	30,066	812
4	568	776	29,920	742
5	616	719	941	673
6	650	675	797	529
7	682	576	816	637
8	725	617	29,789	29,716
9	746	714		
10	758	819		
11	755	901		
Mitternacht	754	8,985		
13	735	9,032		
14	711	9,033		
16	670	8,996		
16	634	937		
17	621	869		
18	650	830	30,336	30,005
19	683	746	424	28,916
20	728	706	371	860
21	783	731	415	819
22	805	786	504	857
23	750	822	418	886

Diese Größen weichen sehr von den für Apenrade gefundenen ab. Im Julius nämlich finden wir bald nach Mitternacht in Halle ein Maximum, und von nun nimmt der Druck der trockenen Luft zwar bis etwa 8 Uhr Morgens ab, aber er steigt jetzt aufs Neue, erreicht bald nach der Culmination der Sonne ein zweites Maximum, um etwa 7 Uhr Abends das Minimum, und nun nimmt er wieder zu. Dabei beträgt der Unterschied zwischen den Extremen nur zwischen 0''',4 bis 0''',5, also etwa das Viertel der Größe als in Apenrade während des Sommers. Eben so treffen wir im Januar zwei Maxima um 10 Uhr Morgens und Abends und zwei Minima um 5 Uhr Morgens und 2 Uhr Mit-

tags. Ähnliche Resultate scheinen die in Münster gefundenen Größen anzudeuten.

Es scheint mir wenig wahrscheinlich, daß bei einer so geringen Verschiedenheit in der Polhöhe dieser Orte das Phänomen so bedeutende Aenderungen erleide, zumal da eine Vergleichung der Schwankungen bei Berücksichtigung des ganzen Luftdruckes im Allgemeinen geringere Abweichungen zeigt. Noch mehr nehmen die Anomalieen zu, wenn wir gleichzeitige Beobachtungen in der Tiefe und Höhe benutzen. Es gefällt sich sehr noch ein anderer Umstand. Beobachten wir nämlich die sehr bedeutende Größe der täglichen Oscillation auf dem hohen Meere, so würde, um dieselbe allein aus dieser Thatsache herzuleiten, eine Aenderung des Hauptpunktes von mehreren Graden erforderlich seyn. Nun zeigen die Beobachtungen, welche Reisende hier gemacht haben, nur eine sehr geringe Aenderung der Wärme während des Tages, und dieses gilt noch mehr von dem Drucke der Dampfatmosphäre; die wenigen vorhandenen Messungen auf dem hohen Meere zeigen auch, daß der Druck der Dampfatmosphäre sich daselbst während des Tages wenig ändert.

Es erheben sich gegen die alleinige Wirkung dieser Ursache noch andere Schwierigkeiten. Wenn es gleich sehr wahrscheinlich wird, daß der Druck des Dampfes im Durchschnitte eines längern Zeitraumes, z. B. eines Tages oder Jahres, von unten nach oben eben so abnimmt, wie es in einem luftleeren Raume der Fall seyn würde und wie es die Gesetze der Elasticität erfordern, dergestalt, daß wir aus der Hygrometerbeobachtung, welche wir an irgend einer Stelle machen, die Dampfmenge an einem willkürlichen Punkte der verticalen Luftsäule herleiten können, so bleibt doch noch immer die Frage, ob wir diese Betrachtungen auch auf die einzelnen willkürlich am Tage gemachten Messungen anwenden dürfen. Denn da die Luft der Bewegung der Dämpfe einen Widerstand entgegensetzt, so ist klar, daß die Nähe des Bodens weit größer ist, als wenn wir diese Größe dem Gesetze der Elasticität zufolge aus einer Messung in der Höhe ableiten; es liegt also in der Tiefe der Hauptpunkt zu hoch, und die Größe, welche wir daraus für den Druck der Dampfatmosphäre herleiten, wird größer seyn, als sie sich aus vielen in vers-

schiedenen Höhen gemachten Messungen ergeben würde. Wenn dagegen um die Mittagszeit der aufsteigende Luftstrom die Dämpfe mit Schnelligkeit in die Höhe geführt hat, dann finden wir am Boden einen Thaupunkt, welcher tiefer liegt, als es der wahre Druck der ganzen Dampfatmosphäre erfordert. Diese Folgerung wird durch meine in den Alpen angestellten Messungen auch sehr wahrscheinlich gemacht. Nahe an der Meeresküste scheinen sich die Verhältnisse etwas anders zu gestalten; denn zu der Zeit, wo der aufsteigende Luftstrom einen größern Theil der Dämpfe nach der Höhe geführt hat, bringt der über die Oberfläche des Wassers fortstreichende Seewind einen neuen Vorrath nach den unteren Schichten der Atmosphäre.

Welches übrigens auch die wahre Ursache dieser Schwankungen seyn möge, so bedarf es kaum eines Beweises, daß sie in der Höhe nicht so groß seyn können, als in der Tiefe. Gesezt nämlich, das Barometer hätte in den Tiefländern während des ganzen Tages unverändert denselben Stand, so müßte es in der Höhe eine tägliche Periode zeigen, deren Beschaffenheit sich sehr leicht angeben läßt. So wie nämlich bei der Wärmezunahme am Morgen die ganze Luftmasse ausgedehnt wird, so steigt ein Theil der Atmosphäre, welcher vorher unter der obern Station lag, über dieselbe, und wir finden daher eine Zunahme des Luftdruckes vom Morgen bis zur Zeit der größten Wärme. Von nun an sinkt das Barometer am Abend bis zur kleinsten Wärme am folgenden Morgen. Diese Periode vermischt sich nun mit den in der Tiefe beobachteten Aenderungen; denn wenn um die Mittagszeit das Gewicht der ganzen Atmosphäre kleiner wird, so geschieht dieses zwar eben so oben als unten, aber an der obern Station wird diese Abnahme etwas verkleinert durch die Ausdehnung der ganzen Atmosphäre. Es kommt daher nur auf die Größe der Aenderungen in der Tiefe an, wie sich das Phänomen zeigen soll. Je höher wir nämlich steigen, und je weniger sich das Barometer von 10 Uhr Morgens bis 4 Uhr Abends ändert, desto geringer wird letztere Variation in der Höhe, ja es geschieht dann wohl, daß der Luftdruck vom Morgen bis zur Zeit der größten Tageswärme ziemlich regelmäßig zunimmt. In unseren Breiten wird sich diese Umkehrung daher weit früher zeigen, als in den Tropengegenden, wo die Oscillationen weit größer sind.

Mittlerer Barometerstand.

Auf eine ähnliche Weise als die mittlere Wärme sich aus wenigen während des Tages gemachten Messungen herleiten ließ, vermögen wir auch mit einigen wenigen Beobachtungen den Barometerstand zu finden, wenigstens so weit, als es sich um die mittleren Verhältnisse eines längern Zeitraumes handelt; ich sage ausdrücklich eines längern Zeitraumes, denn wenn es sich in unsern Klimaten um den mittlern Luftdruck eines einzigen Tages handelt, so kann die aus wenigen Messungen hergeleitete Größe sehr bedeutend von der wahren Größe abweichen. Sehr nahe erhält man den mittlern Luftdruck, wenn man zur Zeit des Maximums am Morgen und des Minimums am Abend beobachtet, und viele Meteorologen zeichnen den Barometerstand nur in diesen Momenten auf. Erhält man nun gleich dadurch den mittlern Luftdruck und die Größe der einen Oscillation, so kann ich es doch nicht dringend genug empfehlen, noch einige Messungen am Morgen und am Abend hinzuzufügen, nicht bloß werden dadurch die oben erwähnten beiden Größen schärfer gefunden, sondern es wird auch ein weit vollständigeres Material für die Untersuchung der unregelmäßigen Schwankungen gewonnen, und selbst der Reisende, welcher in der Nähe eines solchen Ortes beschäftigt ist, Berg Höhen vermittelst des Barometers zu messen, hat nur wenige correspondirende Beobachtungen, wenn der Luftdruck zur Zeit der beiden Wendestunden aufgezeichnet wird, wozu sich noch der Uebelstand gesellt, daß die um die Mittagszeit gefundenen Höhen-differenzen, nach der gewöhnlichen Barometerformel berechnet, etwas zu groß sind. Hat man etwa 4 oder mehr Beobachtungen zu verschiedenen Zeiten des Tages gemacht, dann liefert der früher erwähnte allgemeine Ausdruck sehr nahe sowohl den mittlern Luftdruck als die mittlere Oscillation, und es lassen sich auch die unregelmäßigen Bewegungen im Allgemeinen übersehen; macht man drei Beobachtungen, etwa um 6 Uhr Morgens und 2 und 10 Uhr Abends oder um 7 Uhr Morgens und 2 und 9 Uhr Abends, so giebt das arithmetische Mittel derselben sehr nahe den mittlern Luftdruck, und es läßt sich daraus auch die Größe der täglichen Schwankungen annähernd herleiten. Sehr nahe tritt der mittlere Barometerstand um die Zeit des Mittags ein,

im Durchschnitte etwa zwischen 12 und 1 Uhr; jedoch zeigen sich in dem Momente, wo das Mittel eintritt, Verschiedenheiten in den einzelnen Jahreszeiten, und ich will diese Stunde überhaupt nicht sehr empfehlen.

Barometerstand am Meere.

Wenn es sich um eine Bestimmung des Barometerstandes in verschiedenen Breiten handelt, so müssen dazu natürlich Punkte gewählt werden, welche einerlei Höhe über dem Meere haben, oder, was noch zweckmäßiger ist, der Meeresspiegel selbst. Lange Zeit wurde angenommen, daß dieser Luftdruck in allen Breiten derselbe wäre, oder daß sich dabei nur unbedeutende Differenzen zeigten. Man stützte sich aus Mangel an Beobachtungen dabei nicht selten auf theoretische Betrachtungen, indem man davon ausging, daß die Bedingung des Gleichgewichtes in dem Luft-Ocean erfordere, daß dieser allenthalben in einerlei Meereshöhe denselben Druck haben müsse; dabei wurde aber der Umstand vergessen, daß dieses Gleichgewicht nicht vorhanden ist. Denn wenn sich gleich die von den Verschiedenheiten der Witterung abhängigen Ungleichheiten im Luftdrucke in unseren Klimaten während eines längeren Zeitraumes ausgleichen, so findet doch kein Gleichgewicht zwischen verschiedenen Breitenzonen Statt. Wäre dieses nämlich vorhanden, so könnten am Aequator eben so wenig die Passate, als in höheren Breiten Westwinde vorherrschen. Durch den aufsteigenden Luftstrom, welcher sich in den oberen Regionen ewig gegen die Pole bewegt, wird vom Aequator Luft entfernt, und der stärkere Luftdruck, welcher als Folge dieser Bewegung entsteht, ist Ursache, daß die Luft aus höheren Breiten gegen den Aequator zurückkehrt und sich als Passat zu erkennen giebt.

Wald nach dem Erscheinen meines Lehrbuches der Meteorologie stellte Schouw eine ausführlichere Untersuchung über diesen Gegenstand an, und indem er einen weit größern Vorrath von Beobachtungen benutzte, als mir zu Gebote standen, fand er Resultate, welche bedeutend von den von mir gegebenen abweichen. Späterhin haben besonders Erman, Herschel, Müncke und Poggenдорff es versucht, diese Größe zu bestimmen, und wenn gleich noch Manches zu wünschen übrig

bleibt, damit diese Abhängigkeit von der Breite eben so sicher bestimmt werde, als wir dieses bei anderen Größen vermögen, so ist doch unsere Kenntniß des Gegenstandes dadurch sehr gefördert worden. Die wichtigsten Thatsachen, die auf diese Art erlangt wurden, sind folgende:

- 1) Im Allgemeinen können wir annehmen, der mittlere Barometerstand betrage am Meere 337^{'''},5.
- 2) Am Aequator ist diese Größe etwas kleiner, indem sie etwa 336^{'''} oder nur wenig mehr beträgt.
- 3) In einer Breite von etwa 10° fängt der Luftdruck an allmählig zu steigen und erreicht in einer Breite von 30 bis 40 Grad seinen größten Werth, indem er hier etwa 338 bis 339^{'''} beträgt.
- 4) Er nimmt nun wieder ab und beträgt in der Breite von 50° nur etwa 337, in der Breite von 60° etwa 336 Linien, und scheint im hohen Norden nach den wenigen vorhandenen Messungen nur etwa 335 Linien zu betragen.

Zuerst bedarf es wohl keiner weitern Erörterung, daß am Aequator, wo die Luft regelmäßig abfließt, der Luftdruck wegen eben dieses Umstandes kleiner seyn müsse, als in einiger Entfernung, wo das Abfließen weniger bedeutend ist und die Passate neue Luftmassen herbeiführen. In einer Breite von etwa 30 Grad erreicht der Barometerstand sein Maximum, hier kämpfen der obere SW-Passat und der untere NO-Passat, und indem keiner von ihnen weichen will, entsteht eine Anhäufung der Luft und ein größerer Druck der Atmosphäre.

Ergeben sich gleich diese Thatsachen sehr einfach, wenn wir den ganzen Luftdruck berücksichtigen, so kann ich keine genügende Ursache finden, um bei Betrachtung dieser Größe die Abnahme des Barometerstandes in höheren Breiten anzugeben. Denn, wenn wir bloß auf die Temperatur der Erde und permanente Gase Rücksicht nehmen, so müßte der Barometerstand im Allgemeinen desto größer werden, je weiter wir uns vom Aequator entfernen. Die Erfahrung zeigt das Gegentheil; ich zweifle jedoch, daß wir auf die ganze Atmosphäre, so wie sie sich unseren Beobachtungen zeigt, diese Gesetze ohne weitere Correction anwenden dürfen. Da diese nämlich aus trockener Luft

und Wasserdampf besteht, so wird eine jede dieser elastischen Flüssigkeiten sich bestreben, in höheren Breiten einen größern Druck auszuüben, aber beim Wasserdampf ist dieses in Folge der Temperatur unmöglich; so wie er nach höheren Breiten kommt, wird er niedergeschlagen und fällt als Regen zu Boden. Nur die trockene Luft kann diesen Gesetzen folgen, und es können daher auch nur für diese allgemeine Untersuchungen angestellt werden. Leider fehlt es bisher noch an genügenden Hygrometerbeobachtungen in verschiedenen Breiten, um den Druck des Dampfes von dem der Luft zu sondern. Wir können jedoch ohne großen Fehler den Druck des Dampfes am Aequator zu etwa 11 Linien, in einer Breite von 35° zu etwa 6,5 Linien und in der Breite von 70° zu etwa 2 Linien annehmen. Subtrahiren wir diese Größen von den in diesen Breiten beobachteten Barometerständen von 336, 338,5 und 335 Linien, so bekommen wir für die trockene Luft 325, 332, und 333 Linien, also im Allgemeinen eine Zunahme vom Aequator nach den Polen, wobei jedoch noch stets diese starke Vermehrung des Luftdruckes an der Gränze der Passate hervortritt.

Luftdruck in verschiedenen Jahreszeiten.

Ähnliche Betrachtungen als die eben angestellten gelten auch von dem mittlern Luftdrucke in verschiedenen Jahreszeiten. Man glaubte, daß dieser während des ganzen Jahres dieselbe Größe haben müßte, und daß nur zufällige Unregelmäßigkeiten im Gange der Witterung Schuld daran wären, daß in Europa die Frühlingsmonate einen geringern Luftdruck zeigten, als der übrige Theil des Jahres. Die wenigen Erfahrungen, welche aus Tropengegenden bekannt waren und welche keinesweges für eine solche Gleichheit sprachen, wurden nicht berücksichtigt. Es war Buch, welcher zuerst eine große Gesetzmäßigkeit in dem Luftdrucke zwischen den Wendekreisen nachwies, indem er zeigt, daß er allemal dann kleiner würde, wenn die Sonne sich dem Scheitelpunkte näherte, und später hat Dove die hieher gehörigen Thatfachen vermehrt. Folgende Tafel zeigt dieses Verhalten an einigen Orten der nördlichen Halbkugel, bis zu einer Breite von etwa 30°.

Luftdruck in verschiedenen Jahreszeiten.

Monat	Havanna	Calcutta	Benares	Macao	Cairo
Januar	339,23	338,93	334,87	340,42	337",97
Februar	6,97	6,40	3,76	40,01	fehlt
März	7,34	5,24	3,00	39,60	6,65
April	6,72	4,17	1,29	7,76	6,95
Mai	6,10	2,83	30,26	7,63	6,12
Junius	7,20	1,63	28,54	5,71	4,43
Julius	7,20	1,38	28,33	5,98	4,20
August	5,72	1,82	29,51	5,98	4,27
Septbr.	5,78	3,29	30,69	7,89	5,44
October	6,10	4,80	2,63	8,40	6,77
Novbr.	7,46	6,18	3,83	39,64	7,24
Decbr.	8,51	7,30	4,94	40,74	7,71

An allen diesen in der nördlichen Halbkugel gelegenen Orten sehen wir also ganz deutlich, wie der Luftdruck vom Januar bis zum Sommer kleiner wird und wie er von nun bis zum Winter wieder wächst; in Calcutta, wo die Messungen eine Zeit von 8 Jahren umfassen, und wo also die zufälligen Störungen entfernt sind, beträgt dieser Unterschied mehr als 7 Linien, er scheint überhaupt in Indien größer zu seyn, als in America, und mit der Entfernung vom Aequator abzunehmen. Betrachten wir einige Orte in höheren Breiten, so ergibt sich Folgendes:

Monat	Paris	Strasburg	Halle	Berlin	Petersburg
Januar	336,40	333,19	334",53	337,75	338,03
Februar	6,50	3,55	4,00	7,45	8,28
März	5,28	3,00	3,19	6,86	7,24
April	4,77	2,45	2,90	5,94	7,43
Mai	4,96	2,69	3,61	6,85	7,32
Junius	5,70	3,43	3,67	6,82	6,83
Julius	5,36	3,20	3,92	6,72	6,13
August	5,46	3,37	3,44	6,47	6,61
Septbr.	5,40	3,52	3,99	7,14	7,43
October	4,43	3,28	4,93	7,46	7,27
Novbr.	5,02	3,04	5,92	6,65	6,04
Decbr.	4,73	2,78	4,29	7,06	7,00

Auch hier giebt sich im Allgemeinen das Gesetz zu erkennen, daß der Barometerstand im Sommer etwas kleiner ist, als im Winter, aber zugleich zeigt sich dabei eine doppelte Periode. Vom Winter an nämlich nimmt der Luftdruck ab bis zur Zeit der Aequinoctien, worauf er zum Sommer wieder größer wird, ohne jedoch den Werth zu erreichen, welchen er im Winter hatte, dann zeigen sich im Herbst Spuren eines zweiten Minimums und später wieder Zunahme bis zum Winter.

Wenn es sich jedoch darum handelt, aus diesen Größen umfassende Gesetze für den Zustand der Atmosphäre herzuleiten, so bleibt stets die Frage, ob wir sie unmittelbar mit einander vergleichen dürfen, vielmehr müssen wir nothwendig den Druck der Dampfatmosphäre davon subtrahiren und die auf diese Art gefundenen Zahlen betrachten. Dazu würden freilich genaue Beobachtungen des Hygrometers in verschiedenen Höhen erforderlich seyn; da sich jedoch im Laufe eines Tages die Störungen, welche der Widerstand der Luft beim Aufsteigen und Herabsinken des Dampfes hervorbringt, im Allgemeinen ausgleichen, so wird es sehr wahrscheinlich, daß die am Boden gefundenen Größen sich wenig von dem Drucke der ganzen Atmosphäre entfernen, und daß wir mithin diese Subtraction mit weit größerem Rechte vornehmen dürfen, als bei Betrachtung der täglichen Oscillationen. Die folgende Tafel enthält den Druck der trockenen Luft in Calcutta und Apenrade nach der Berechnung von Dove, in Halle nach meinen Beobachtungen, und in Petersburg nach denen der Akademie, ich muß jedoch bemerken, daß die Beobachtungen des Hygrometers am letztern Orte nur ein Jahr, die des Barometers 13 Jahre umfassen, und eben so sind in Halle die Beobachtungen des Hygrometers während einer kürzern Zeit angestellt, als die des Barometers.

Monat	Calcutta	Apenrade	Halle	Petersburg
Januar	332,80	334,65	332,68	336,52
Februar	31,12	5,53	31,98	6,88
März	28,69	3,49	30,91	5,30
April	26,93	3,11	30,20	5,15
Mai	22,15	2,37	30,09	5,17
Junius	21,52	1,78	29,14	3,62
Julius	21,32	0,46	28,81	1,90
August	21,78	0,49	28,68	2,83
September	23,57	1,18	29,59	4,50
October	25,93	0,27	31,54	4,84
November	31,06	1,59	31,39	4,71
December	32,01	2,35	31,85	5,80

Wenn gleich diese Größen, namentlich in Europa, noch manche Anomalieen zeigen, weil die Messungen nicht hinreichend lange fortgesetzt sind, so geht daraus doch so viel mit Bestimmtheit hervor, daß der Druck der trockenen Luft im Winter am größten, zur Zeit der größten jährlichen Wärme aber am kleinsten ist, und daß er sich zwischen diesen Extremen ziemlich regelmäßig ändert. Zugleich aber geht daraus hervor, daß der Unterschied dieser Extreme desto kleiner werde, je weiter wir uns vom Aequator entfernen. Denn subtrahiren wir das Mittel der drei Sommermonate von dem der drei Wintermonate, so beträgt die Differenz in Calcutta 10''',44, in Apenrade 3''',28, in Halle 3''',32, und in Petersburg 3''',62.

Wenn wir den Druck der ganzen Atmosphäre betrachten, so verschwindet diese Periode zum Theil in höheren Breiten; denn da die Aenderung vom Maximum im Winter bis zum Minimum im Sommer nur wenige Linien beträgt, so wird sie zum Theil durch den alsdann größern Druck des Dampfes verdeckt, und wir finden wegen der Vermischung beider Perioden namentlich im Frühlinge ein Minimum; alsdann nämlich nimmt der Druck der trockenen Luft schnell ab, während die Dampfmenge nur noch wenig zugenommen hat. Eben so zeigen sich im Herbst Spuren eines zweiten Minimums, weil dann die Dampfmenge schnell abnimmt, während der Druck der trockenen Luft noch wenig zunimmt. Zwischen den Wendekreisen ist diese Periode in

dem Drucke der trockenen Luft größer, und wenn gleich der Druck des Dampfes gegen den Sommer wächst, so sind seine Aenderungen doch nicht sehr groß, und es kann daher diese Periode ohne Unterbrechung erscheinen.

Die Thatfache, daß der Barometerstand in der warmen Jahreszeit kleiner ist, als in der kalten, folgt auf eine einfache Weise aus demjenigen, was oben von der Ursache der Aenderungen im Luftdrucke überhaupt gesagt wurde, und zeigt auf eine entschiedene Weise die großen Bewegungen des Luftoceanes auf der ganzen Erde. Es handelt sich hierbei nicht sowohl um einen Verkehr zwischen Gegenden, welche einige Hunderte von Meilen von einander entfernt sind, als vielmehr um ein Abfließen der Luft von Pol zu Pol. Um die Zeit der Aequinoctien nämlich, wo die Temperatur auf der ganzen Erde nahe der mittlern jährlichen Wärme gleich ist, werden wir allenthalben sehr nahe dem mittlern Druck der trockenen Luft antreffen. Geht jetzt die Sonne nach der einen, etwa nördlichen Halbkugel, so wird diese erwärmt, während die südliche Halbkugel erkaltet; Folge davon ist ein Abfließen der Luft aus der nördlichen Halbkugel nach der südlichen, und ein Fortrücken der Passate nach Norden, mit anderen Worten also tieferer Barometerstand in der Halbkugel, welche Sommer hat, höherer in derjenigen, welche Winter hat, ganz so wie es die Erfahrung bestätigt. Je näher die Gegenden an der Gränze liegen, an welcher dieser Austausch erfolgt, desto bedeutender wird sich in ihnen dieser Wechsel offenbaren und in Folge des Widerstandes, welcher die Luftmassen bei ihrer Bewegung an den Unregelmäßigkeiten der Erdoberfläche finden, wird sich diese Abnahme im Sommer und die Zunahme im Winter, in den Gegenden, welche weiter von dieser Gränze entfernt sind, schwächer zeigen. Daher ist diese Differenz zwischen Druck der trockenen Luft im Sommer und Winter in höheren Breiten kleiner als am Aequator; spätere Erfahrungen werden es ferner sehr wahrscheinlich machen, daß bei einerlei Breite diese GröÙe im Innern der Continente größer sey als in Küstengegenden.

Dieser Austausch steht im innigen Zusammenhange mit der früher (S. 65.) erwähnten Abhängigkeit der Winde von den Jahreszeiten, ja wir müssen den Character derselben zum Theil darin suchen. Im Frühlinge nämlich, wo der Luftdruck sehr

nahe dem mittlern gleich ist, dringt bei schnell zunehmender Wärme die Luft aus den nördlicher gelegenen Gegenden zu uns, und indem diese den allgemein herrschenden Südwestwind zurücktreibt, entstehen heftige Stürme und Windstöße (Aequinoctialstürme), bald hat der warme südliche, bald der kalte nördliche Wind das Uebergewicht; durch die Vermischung ungleich warmer Luftschichten wechseln heftige Regen, Schnee und Graupelschauer mit heiterm Himmel, eine fast vollkommen gesättigte mit ungewöhnlich trockener Luft. Im Herbst dagegen, wo die Luft aus Süden zurückkommt, finden wir ein Vorherrschen südlicher Winde, und indem letztere im südlichen Europa einen großen Theil ihres Wassers verloren haben, kommen sie ausgetrocknet zu uns, daher die schöne heitere Witterung, welche wir so häufig in der Mitte dieser Jahreszeit haben (Alter Weiber Sommer in einem großen Theile von Deutschland, Indianischer Sommer in Nordamerica).

Unregelmäßige Schwankungen des Barometers.

Nachdem wir die Abhängigkeit dieser großen Bewegungen der Atmosphäre von der Wärme kennen gelernt haben, wird es uns leicht, aus derselben Ursache die unregelmäßigen häufig mit der Witterung zusammenhängenden Aenderungen im Luftdrucke zu verfolgen. Die Größe dieser unregelmäßigen Oscillationen des Barometers wird desto bedeutender, je weiter wir uns vom Aequator entfernen. Wollen wir daher einzelne Erfahrungen, namentlich ungewöhnlich hohe oder niedrige Stände, genauer untersuchen, so ist vor allen Dingen erforderlich, daß wir die allgemeinen Gesetze dieser Aenderungen näher studiren.

Bei Untersuchung dieser Anomalieen und namentlich bei Angabe ihrer Abhängigkeit von der geographischen Lage des Beobachtungsortes tritt sogleich der Uebelstand ein, daß man eigentlich nicht weiß, auf welche Art die Schwankungen verglichen werden sollen. Ältere Physiker nahmen bei Vergleichen dieser Art meistens den aus einer mehrjährigen Beobachtungsreihe hergeleiteten Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Barometerstande. Dieses Verfahren, welches zu einem wenig brauchbaren Resultate führt, wurde in der Folge aufgegeben, man wählte den Unterschied zwischen den beiden im

Laufe eines Monates beobachteten Extremen. Dadurch, daß hier kleinere Zeitintervalle gewählt wurden, erhielt man Resultate, welche die obige Vergleichung nicht zeigte. Man sah daraus, daß die Oscillationen geringer wurden, je größer die mittlere Wärme der Luft war. Setzt man diese Arbeit eine längere Reihe von Jahren fort und nimmt das Mittel der Differenzen in den einzelnen Monaten, so erhält man für diesen Monat nahe constante Größen, welche den mittlern Umfang der unregelmäßigen Oscillationen in ihm angeben. Nimmt man aus den Bestimmungen, die auf diese Art für alle zwölf Monate gefunden sind, das Mittel, so erhält man die mittleren Grängen, zwischen denen der Stand des Barometers sich in einem Monate befindet. Wir wollen diese Größe die mittlere monatliche Barometer-Oscillation nennen. Diese Größe wird schon durch Beobachtungen während eines einzigen Jahres mit großer Annäherung an die Wahrheit bestimmt, je länger indessen die Aufzeichnungen des Instrumentes fortgesetzt sind, desto mehr nähert man sich natürlich dem Gange der Natur.

Ist freilich dieses Verfahren das einzige, welches beim jetzigen Zustande der bekannt gemachten Erfahrungen hinreichend genaue Resultate giebt, so hat es doch mancherlei Mängel. Es wird dabei nämlich vorausgesetzt, daß die wirklichen Extreme beobachtet seyen, was nur in sehr wenigen Fällen geschehen ist, alle mitgetheilten Differenzen sind daher etwas zu klein. Wenn nun ein Beobachter den Stand des Barometers täglich öfter aufzeichnet, als ein anderer, so wird er wahrscheinlich Größen finden, welche den Extremen näher liegen, und es werden mithin die aus den Beobachtungen sich ergebenden Differenzen desto bedeutender, je öfter der Stand des Instrumentes abgelesen wird. Da glücklicherweise die meisten Meteorologen dieses dreimal täglich, Morgens, Mittags und Abends gethan haben, so sind diese Differenzen besonders in höheren Breiten leichter vergleichbar, weil die Fehler ungefähr gleich sind. Einflußreicher dagegen wird der Umstand, daß dabei auf die täglichen regelmäßigen Oscillationen keine Rücksicht genommen wird. Denn wenn der unregelmäßige Gang der Witterung den Luftdruck vermindert, so wird dieser wahrscheinlich zur Zeit des Minimums kleiner seyn, als dann, wenn diese tägliche Bewegung nicht vorhanden wäre.

Das sicherste Verfahren zu dem erwünschten Ziele zu gelangen, besteht darin, bei dieser Vergleichung möglichst kleine Zeitintervalle zu nehmen. Am vortheilhaftesten ist es, täglich zu bestimmten Stunden zu beobachten und die Aenderung von jeder Beobachtung bis zu der am folgenden Tage zu derselben Stunde gemachten zu nehmen, sodann aber die Summe aller der während eines Monates gefundenen Größen durch ihre Anzahl zu dividiren. So ergiebt sich die Größe der täglichen unregelmäßigen Aenderung, und das Mittel der auf diese Weise für die einzelnen Monate erlangten Größen giebt diese mittlere Aenderung für den Beobachtungsort. Ich werde später einige der auf diese Weise erhaltenen Resultate mittheilen.

Barometrische Windrosen.

Raum hatten die Physiker die Existenz des Luftdruckes überhaupt erkannt, so fanden sie auch die von der Witterung abhängigen Aenderungen desselben auf, und namentlich bemerkten sie sehr bald den meistens sehr niedrigen Stand desselben bei Stürmen. Es sind namentlich über dieses Phänomen sehr viele Hypothesen aufgestellt worden, von denen die meisten darauf hinausliefen, daß bewegte Luft nicht mit ihrem ganzen Gewichte nach unten drücken, daß mithin also das Barometer unter solchen Umständen nicht einen so hohen Stand als bei Windstille haben könnte. Dabei aber wurde die Untersuchung stets einseitig geführt, Beobachtungen von einigen wenig entfernten Orten Europas genüigten, und dann zeigte sich nicht selten allenthalben ein niedriger Barometerstand. Wäre es möglich gewesen, diese Messungen mit solchen zu vergleichen, welche gleichzeitig in den vereinigten Staaten von Nordamerika, in Europa und Asien, in den Polargegenden und in der Nähe der Tropen gemacht wurden, dann würden viele dieser Untersuchungen unnötig gewesen seyn; man würde dann erkannt haben, was umfliegende Beobachtungen in allen diesen Fällen ergeben, daß ein ungewöhnlich kleiner Luftdruck in einer Gegend mit einem ungewöhnlich hohen Barometerstande in anderen Gegenden zusammenfällt. Statt also zu fragen: woher kommt dieser tiefe Barometerstand zur Zeit von Stürmen, würde man es ganz natürlich gefunden haben, daß große Verschiedenheiten im Luftdrucke lebhafteste Bewegungen

der Atmosphäre zur Folge hätten. Man würde eingesehen haben, daß der Vorgang in der Atmosphäre derselbe wäre, welchen wir in jedem Mühlenstiche sehen. Denn sobald hier die Schleuse geöffnet und der Druck des Wassers an dieser Stelle geringer wird, findet eine Bewegung des Wassers in dem ganzen Leiche Statt, welche desto lebhafter ist, je näher diese Punkte an dem Schleusenthore, also der Stelle des verminderten Druckes liegen.

Bei diesen Untersuchungen erkannten die Physiker ferner einen sehr ungleichen Einfluß verschiedener Winde auf den Luftdruck, jedoch empfahl erst Lambert im Jahre 1771 das einzig sichere Verfahren, welches dabei zu einem gewünschten Resultate führen könnte. Man sollte nämlich bei einer länger fortgesetzten Beobachtungsreihe die Messungen für die einzelnen Winde zusammenstellen und so den jedem Winde zugehörigen mittlern Luftdruck auffuchen. Erst dreißig Jahre später unternahm Burchard eine Arbeit dieser Art für Paris und mehrere Jahre später stellte Ramond eine ähnliche Untersuchung für Clermont an. Im Jahre 1818 untersuchte L. v. Buch eben dieses Phänomen für Berlin, und indem er den ungleichen Einfluß verschiedener Winde auf das Barometer und andere Witterungsverhältnisse nachwies, hob er den Schleier, welcher bis dahin die Physiker verhindert hatte, einen tiefern Blick in den Zusammenhang der meteorologischen Erscheinungen zu werfen. In der Folge haben Bueß, Dove, Eisenlohr, Kupffer, Schouw und ich das Phänomen für verschiedene Orte Europas untersucht, und allenthalben hat sich dieser Zusammenhang zwischen Windrichtung und Luftdruck zu erkennen gegeben, so daß wir im Stande sind, mit großer Wahrscheinlichkeit aus dem Barometerstande die mittlere Windrichtung herzuleiten.

Folgende Tafel enthält den mittlern Luftdruck bei verschiedenen Winden (die barometrische Windrose) an mehreren Orten Europas.

Wind	London	Wittdelburg	Hamburg	Copenhagen	Apenrade	Paris	Brindin	Cartersruhe
N	336''',55	338''',06	336''',4	338''',91	335''',16	336''',50	336''',97	334''',75
NÖ	7,22	7,67	6,8	9,18	7,15	6,68	7,07	4,95
N	6,43	7,58	6,3	8,54	6,69	5,68	6,83	4,57
Ö	5,50	5,57	6,2	6,64	7,14	4,26	5,35	8,51
ÖS	4,41	3,93	4,9	6,70	4,25	3,87	4,54	2,74
S	4,80	4,45	4,6	6,51	5,16	4,03	4,81	3,52
SO	5,70	6,05	5,5	7,38	6,24	4,94	5,39	3,97
S	6,03	6,48	5,2	8,45	6,45	5,92	6,97	4,54
SW	5,83	6,22	5,9	7,91	5,92	5,23	6,99	4,18
Mittel								

Wind	Berlin	Halle	Wien	Dfen	Stockholm	Petersburg	Moskau
N	336''',32	334''',96	332''',42	329''',81	335''',98	336''',78	329''',40
NÖ	6,62	5,13	2,09	30,29	6,41	7,78	30,28
N	6,36	4,47	0,60	29,48	5,71	7,79	29,77
Ö	4,55	3,42	1,72	30,62	4,57	7,90	28,81
ÖS	3,06	2,96	1,47	28,87	4,20	6,86	28,32
S	3,61	3,09	0,65	28,27	4,30	6,85	28,19
SO	5,13	3,45	0,63	29,24	5,15	6,65	28,51
S	5,83	4,95	2,10	29,70	5,38	5,83	28,82
SW	5,14	3,93	1,49	29,49	5,21	7,19	29,01
Mittel							

Sehr deutlich zeigen die Messungen an allen diesen Orten den ungleichen Luftdruck bei verschiedenen Winden. Allenthalben nämlich steht das Barometer bei einem Winde, welcher zwischen N und O liegt und sehr nahe mit NO zusammenfällt, am höchsten, bei einem Winde, welcher zwischen S und W liegt, am niedrigsten, und ziemlich regelmäßig ändert sich diese Größe mit der Windrichtung zwischen diesen beiden Extremen. Nur an manchen Orten zeigen sich Anomalieen. So ist in Wien und Ofen der geringe Luftdruck bei Ostwind auffallend, eben so liegt in Petersburg der niedrigste Barometerstand nahe bei NW. Dieses sind Anomalieen, welche sich noch nicht vollständig erklären lassen, und zu deren Begründung Beobachtungen aus einer großen Zahl benachbarter Orte erforderlich seyn würden. Denn daß die continentale Lage allein nicht Ursache dieser Anomalieen ist, beweisen die für Stockholm und Moskau gegebenen Größen, welche in ihrem Verhalten mehr mit den fürs westliche Europa gefundenen übereinstimmen; der einzige Unterschied, welcher sich dabei zeigt, ist, daß diese Oscillationen im Innern Europas etwas kleiner sind, als an der Westküste.

Ähnliche Resultate ergeben sich auch für andere Gegenden, nur weichen die Winde, bei denen der höchste Barometerstand Statt findet, je nach der Lage der Orte von der für Europa gültigen ab. So steht in den vereinigten Staaten von Nordamerika das Barometer am höchsten bei NW, am niedrigsten bei SO, und eben dieses gilt von Peking in China. Fassen wir demnach diese Thatfachen zusammen, so finden wir den Satz: das Barometer steht am höchsten bei dem aus Norden und dem Innern des Continents kommenden Winde, am niedrigsten bei dem vom Aequator und vom Meere kommenden Winde.

Nach demjenigen, was früher über den Einfluß der Winde auf das Thermometer gesagt wurde, bedarf es nur weniger Worte, um die Ursache dieses Verhaltens anzugeben. Der Luftdruck ist am größten bei dem kältesten, am kleinsten bei dem wärmsten Winde. Ist durch nördliche Winde die Luft in unsern Gegenden bedeutend erkaltet, dann fließt in Folge der durch Contraction bewirkten geringern Höhe der Atmosphäre von allen Seiten Luft dazu aus, und mithin steigt das Barometer, während

ein Theil der Atmosphäre dann abfließt, wenn südliche Winde eine das Mittel übersteigende Wärme erzeugt haben.

Einfluß der Drehung des Windes auf den Barometerstand.

Die Untersuchungen, deren Resultate in der eben mitgetheilten Tafel gegeben sind, wurden dergestalt angestellt, daß man ohne Rücksicht auf die Tageszeiten die Beobachtungen für die einzelnen Winde zusammenstellte, und nur in Paris und Halle habe ich die um Mittag gefundenen Größen gegeben. Wenn wir jedoch erwägen, daß der Wind in unsern Klimaten im Allgemeinen eine ziemlich regelmäßige Drehung zeigt, so muß sich diese in der Bewegung des Barometers eben so zu erkennen geben, als wir dieses früher beim Hygrometer und Thermometer sahen. Dove zeigte dieses zuerst für Paris, indem er die Beobachtungen um 9 Uhr Morgens und Abends verglich; sehr bestimmt läßt sich dieses in meinen stündlichen Messungen in Halle erkennen. Ich habe deshalb die vorherrschende Windrichtung jedes Tages aufgesucht und für diese Lage den mittlern Barometerstand für jede Stunde berechnet; das so gefundene Mittel habe ich von dem allgemeinen Luftdrucke zu dieser Stunde subtrahirt. In der folgenden Tabelle bezeichnet das Zeichen +, daß der Barometerstand höher war, als das allgemeine Mittel, das Zeichen —, das er niedriger war. Ich muß jedoch bemerken, daß der absolute Werth dieser Differenzen wohl nicht ganz richtig ist, denn die Zusammenstellung für die Winde umfaßt nur 4 Jahre, das allgemeine Mittel dagegen die Jahre 1827 bis 1838, wobei freilich oft ganze Monate und Jahreszeiten fehlen.

kann es geschehen, daß das Barometer in einer Gegend steigt, in der entferntern dagegen sinkt. Aber selbst bei Orten, die nur einen geringen Abstand von einander haben, zeigen sich doch bei genauerer Vergleichung auffallende Verschiedenheiten, was man am besten zu erkennen vermag, wenn man den Höhenunterschied derselben mittelst des Barometers aufsucht. Ich habe zu dem Behufe nach mehr als zweijährigen gleichzeitigen Beobachtungen von Mädl er in Berlin und von mir in Halle den Höhenunterschied unserer Wohnungen aufgesucht. Von 5 gleichzeitigen Beobachtungen, welche täglich gemacht wurden, habe ich jede einzeln berechnet, und indem ich die mittlere Windrichtung beider Orte nahm, habe ich die Differenz zwischen dieser Höhe und den mittlern Höhenunterschied des Monats aufgesucht. Das Mittel der 5 auf diese Weise gefundenen Differenzen ist in folgender Tafel enthalten, wobei das Zeichen — bedeutet, daß die Größe unter dem allgemeinen Mittel lag, während + das Gegentheil bezeichnet. Auf diese Weise habe ich folgende Tafel gefunden:

N	— 1,67 Loisen
NO	+ 5,26 . . .
O	+ 7,28 . . .
SO	+ 6,73 . . .
S	+ 3,17 . . .
SW	— 0,84 . . .
W	— 3,39 . . .
NW	— 4,68 . . .

Berlin liegt nahe in NO von Halle, und wenn der Wind nach oder von Berlin weht, so ist der Höhenunterschied nahe dem mittlern gleich; wenn dagegen der Wind aus SO weht, so wird der Höhenunterschied am größten, bei NW dagegen am kleinsten. Diese beiden Richtungen stehen auch der, beide Orte verbindenden Linie nahe senkrecht; der Unterschied zwischen den Extremen beträgt über 12 Loisen, also nahe an 80 Fuß, was mehr als eine Linie im Luftdrucke ausmacht. Um diese Größen auf die beim Barometer gebräuchliche Weise auszudrücken, wollen wir den Umstand ganz übersehen, daß Halle höher liegt, das Barometer also deshalb stets tiefer steht, als in Berlin, wie wollen vielmehr beiden Orten denselben mittlern Luftdruck und

einerlei Meereshöhe geben. Bei östlichen Winden sind also die barometrischen Verhältnisse so beschaffen, als ob Halle höher läge als Berlin, der Barometerstand hier also kleiner wäre; das mit den Ostwinden verbundene Sinken des Quecksilbers zeigt sich daher früher in Halle als in Berlin. Bei westlichen Winden das gegen scheint Halle unter Berlin zu liegen, der Barometerstand in Halle also größer zu seyn, und es zeigt sich der mit westlichen Winden verbundene niedrige Barometerstand also früher in Berlin als in Halle. Nehmen wir also, um die Thatsache deutlicher hervortreten zu lassen, an, daß das Barometer in Berlin bei allen Winden stets auf dem Mittel stehe, so steht es in Halle bei westlichen Winden über, bei östlichen dagegen unter dem Mittel. Diese Thatsache liefert uns zugleich einen großartigen Beitrag zur Bestätigung dessen, was früher über die Entstehung der Winde gesagt wurde. Wenn nämlich der Luftdruck am Boden in einer Gegend größer ist, als in einer benachbarten, so weht der Wind in der Tiefe von dort her. Wenn also der Luftdruck in dem östlicher liegenden Berlin größer ist, als in Halle, so sind östliche Winde zu erwarten, bei einem in Halle größern Luftdrucke dagegen westliche, ganz wie es die Erfahrung auch zeigt.

Un erwähnt kann ich jedoch bei dieser Thatsache nicht lassen, daß andere Naturforscher, welche sich mit demselben Gegenstande beschäftigt haben, etwas abweichende Resultate gefunden haben. So findet z. B. Brandes, daß die Höhe des Klosters auf dem St. Gotthardt über Genf bei SWindenden der Höhenunterschied gleich war, daß dagegen bei NWindenden der Höhenunterschied zu groß war, was zum Theil mit der obigen Regel zusammenfällt, indem die Richtung, welche die Extreme angiebt, sehr nahe auf der Linie senkrecht steht, welche beide Orte verbindet. Abweichender sind die Resultate, welche Ramond für den Höhenunterschied zwischen Paris und Clermont auffand. Als er nämlich nur die vier Cardinalwinde berücksichtigte, so fand er die größte Differenz bei Nord-, die kleinste bei Südwind, also bei jenem den größten Luftdruck in Paris, bei diesem in Clermont, beides sehr nahe mit der Linie zusammenfallend, welche beide Orte verbindet. Es darf jedoch dabei nicht übersehen werden, daß Ramond nur vier Winde berücksichtigt hat, so daß die Zwischenverhältnisse unbekannt bleiben; sodann kann noch immer gefragt

werden, ob Paris und Clermont verglichen werden dürfen; denn an jenem Orte haben wir die Luftströmung des mittlern Europa, Clermont dagegen gehört zur Gruppe der südeuropäischen Klimate, auf welche der heiße Luftstrom der Sahara einen überwiegenden Einfluß hat. — Mir fehlt es an genügenden Beobachtungen, namentlich aus der Mitte von Deutschland, um die daselbst gefundenen Barometerhöhen mit der von mir in Halle angestellten zu vergleichen; mehrmonatliche Beobachtungen auf der Spitze des Brockens haben noch zu keinem allgemeinen Resultate geführt.

Unregelmäßige tägliche Bewegungen.

Dieser durch Temperaturverschiedenheiten bedingte ungleiche Einfluß der Winde auf den Luftdruck läßt uns nicht bloß die Abhängigkeit der Schwankungen von den Jahreszeiten, sondern auch von der geographischen Lage der Beobachtungsorte erkennen. Um jedoch dieses Phänomen in seinem ganzen Umfange und namentlich in seinem Zusammenhange mit den unregelmäßigen Bewegungen der Temperatur zu verfolgen, würde es zweckmäßig seyn, die Aenderungen des Luftdruckes von einer Beobachtung bis zu derjenigen aufzusuchen, welche am folgenden Tage zu derselben Stunde gemacht wird, und ich kann dieses Verfahren der Meteorologen nicht genug empfehlen. Ich habe diese mühsame Rechnung für mehrere Orte vorgenommen und gebe in der folgenden Tafel die Resultate für dieselben in Pariser Linien.

Unregelmäßige tägliche Bewegungen.

Monat	Santa Fé de Bogota	Calcutta	Bagdad	Rio Janeiro	St. Bernhard
Januar	0,219	0,362	1,018	0,951	1,253
Februar	0,244	0,364	1,083	0,845	1,254
März	0,222	0,453	1,400	1,131	1,300
April	0,212	0,431	0,662	0,763	1,058
Mai	0,244	0,495	0,518	0,823	0,792
Junius	0,164	0,626	0,617	0,670	0,836
Julius	0,150	0,406	0,570	0,608	0,806
August	0,142	0,447	0,457	0,469	0,730
September	0,222	0,472	0,516	0,578	0,930
October	0,181	0,422	0,584	0,647	1,035
November	0,217	0,243	0,741	0,747	0,945
December	0,286	0,249	0,712	0,736	1,245
Jahr	0,214	0,414	0,740	0,748	1,000

Monat	St. Gottshard	Mafra	Genf	Mailand	Padua
Januar	1,360	1,81	1,867	1,296	1,828
Februar	1,267	1,45	1,722	1,672	1,680
März	1,220	1,44	1,690	1,576	1,738
April	1,067	1,43	1,215	1,608	1,363
Mai	0,818	0,90	1,027	0,929	1,000
Junius	0,767	0,63	0,835	1,001	0,922
Julius	0,794	0,62	0,880	0,690	0,963
August	0,723	0,74	0,828	0,932	0,772
September	0,897	0,74	1,038	1,293	1,096
October	0,958	0,94	1,290	1,678	1,208
November	1,087	1,27	1,278	1,238	1,427
December	1,294	1,76	1,530	1,519	1,501
Jahr	1,017	1,144	1,262	1,286	1,293

Monat	Dfen	Rochelle	Cambridge Massachusetts	Grafsford Island
Januar	1,831	2,126	3,370	3,464
Februar	1,648	2,033	2,647	2,781
März	1,815	2,046	2,238	3,153
April	1,416	1,216	2,596	2,147
Mai	1,044	1,220	1,695	1,686
Junius	0,935	1,050	1,270	1,534
Julius	0,849	1,114	1,476	1,300
August	0,835	1,275	1,363	2,038
September	1,037	1,499	1,725	2,304
October	1,449	1,653	2,056	2,146
November	1,315	1,689	2,592	2,995
December	1,430	1,365	3,062	3,127
Jahr	1,300	1,524	2,174	2,394

In dieser Tafel, in welcher ich die zu Rio Janeiro im Julius gefundenen Größen in den Januar gestellt habe, zeigt sich sehr deutlich der Einfluß der Jahreszeiten; denn die Schwankungen

sind allenthalben im Sommer weit kleiner als im Winter, und nur Calcutta macht einjährigen Beobachtungen zufolge eine Ausnahme. Sollten länger fortgesetzte Messungen hier und an anderen Orten von Hindostan dasselbe zeigen, so würde das Barometer nur die lebhaften Aufregungen ausdrücken, welche zur Zeit des SW. Mouffons hier in der Atmosphäre Statt finden und sich nicht selten durch die heftigsten Stürme zu erkennen geben.

Diese Thatsache steht in einem innigen Zusammenhange mit den unregelmäßigen Aenderungen der Temperatur; denn suchen wir die Differenz der Thermometerstände auf, welche zu derselben Stunde an zwei auf einander folgenden Tagen gefunden wurden, so finden wir, daß auch diese Differenzen im Sommer weit kleiner sind, als im Winter, zumal wenn wir dabei die mittleren Werthe an zwei benachbarten Orten nehmen, welche eine sehr ungleiche Meereshöhe haben. Im Sommer ändert sich die mittlere Temperatur mit der Breite weit langsamer als im Winter, und wenn daher Winde nach einem Orte Luftmassen aus Punkten bringen, welche denselben Abstand von ihm haben, so ist die Temperaturverschiedenheit im Winter weit größer als im Sommer, was nothwendig mit entsprechenden Variationen im Luftdrucke verbunden ist. Aus demselben Grunde sind die Schwankungen in der Nähe des Aequators weit kleiner als in höheren Breiten, weil dort sich weit geringere Schwankungen der Temperatur zeigen, wovon die Folge wieder darin liegt, daß auf einem Raume von gegebener Größe der Unterschied zwischen der größten und kleinsten mittlern Wärme desto größer wird, je weiter dieser Raum vom Aequator entfernt ist. Endlich aber zeigen die Resultate, welche in der obigen Tafel für St. Bernhard und Gotthard gegeben sind, daß bei einerlei Lage die Schwankungen desto kleiner werden, je höher die Orte liegen. Eine nähere Vergleichung zeigt, daß sie sich sehr nahe verhalten wie die mittleren Barometerstände.

Eine weitere Verfolgung dieses Gegenstandes muß künftigen Physikern überlassen bleiben, da es bis jetzt noch zu sehr an Angaben dieser Größe für verschiedene Orte fehlt.

Monatliche Extreme.

Suchen wir in einer längern Reihe von Beobachtungen den Unterschied zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande eines jeden Monats auf, so zeigt sich nicht bloß der eben betrachtete Einfluß der Jahreszeiten, sondern wir können auch wegen der bei weitem größern Zahl von Orten, von denen wir Bestimmungen dieser Art besitzen, die Ungleichheit der Schwankungen in verschiedenen Klimaten leichter untersuchen. In der folgenden Tafel gebe ich die mittlere monatliche Oscillation, so wie die im Winter und Sommer gefundenen Größen für verschiedene Orte in Pariser Linien.

Ort	Breite	Länge	Jahr	Winter	Sommer
Batavia	6° 12' S	106. 54' D	1,32	1,24	1,20
Livoli, St. Domingo	18. 35 N	70. 0 W	1,82	2,20	1,47
Seringapatam	12. 45 N	76. 51 D	2,45	2,27	2,23
Bavanna	23. 9 N	82. 23 W	2,83	4,27	1,70
Calcutta	22. 34 N	88. 29 D	3,67	3,02	4,01
Teneriffa	28. 20 N	16. 16 W	3,76	5,63	2,00
Isle de France	20. 9 S	57. 30 D	3,82	3,10	3,50
Aleppo	36. 11 N	36. 50 D	4,03	6,30	2,47
Cairo	30. 2 N	31. 19 D	4,10	5,73	2,10
Funchal, Madera	22. 37 N	16. 56 W	4,62	6,20	2,76
Bagdad	33. 20 N	44. 25 D	4,63	6,13	3,81
Capstadt	33. 55 S	18. 24 D	5,52	6,68	4,34
New Harmony, Indiana	38. 11 N	87. 55 W	7,27	10,15	3,94
Peking	39. 45 N	116. 28 D	7,38	7,50	5,13
Paramatta, N. S. Wales	33. 49 N	151. 1 D	7,50	7,70	6,97
Lausanne	46. 31 N	6. 45 D	7,57	9,40	5,37
Bermuda	32. 15 N	60. W	7,58	9,07	6,99
Rom	41. 53 N	12. 28 D	7,60	10,16	4,40
Marseille	43. 18 N	5. 22 D	7,84	10,23	7,73
St. Gotthard	46. 0 N	8. 35 D	7,96	10,09	5,80
Montpellier	43. 36 N	3. 53 D	7,99	10,23	5,70

Ort	Breite	Länge	Jahr	Winter	Sommer
Turin	45° 4' N	7° 35' D	8,02	10,01	5,43
Mantua	45. 10 N	10. 48 D	8,04	10,90	6,27
Pyschminsk	57. 0 N	78. 50 D	8,42	9,50	5,67
Dijon	47. 19 N	5. 2 D	8,48	11,30	5,07
Mailand	45. 28 N	9. 12 D	8,53	11,04	5,48
Ofen	47. 30 N	19. 3 D	8,83	11,87	5,80
Wugsburg	48. 22 N	10. 54 D	9,01	11,23	6,29
Wien	48. 13 N	16. 23 D	9,10	11,87	5,77
Mühlhausen, Elf.	47. 49 N	7. 10 D	9,15	12,30	5,77
München	48. 8 N	10. 34 D	9,19	12,08	6,18
Meg	49. 7 N	6. 10 D	9,22	11,63	6,20
Prag	50. 5 N	14. 25 D	9,55	12,11	6,50
Regensburg	49. 1 N	9.	9,60	12,25	6,64
Bordeaux	44. 50 N	0. 34 W	9,61	13,00	6,23
Rampchin	50. 5 N	45. 24 D	9,69	12,07	7,18
Strasbourg	48. 35 N	7. 45 D	9,72	12,57	6,42
Nantes	47. 13 N	1. 33 W	10,16	12,77	6,80
Arnstadt	50. 50 N	10. 57 D	10,20	12,33	7,24
Breslau	51. 7 N	17. 2 D	10,26	12,93	6,77
la Rochelle	46. 9 N	1. 10 W	10,27	14 07	7,00
Paris	48. 50 N	2. 20 D	10,49	13,50	7,61
Mannheim	48. 29 N	8. 28 D	10,49	13,77	7,29
Moskau	55. 46 N	37. 33 D	10,66	13 88	6,91
Sitka	57. 3 N	138. 0 W	10,86	11,45	7,62
Sagan	51. 42 N	15. 22 D	10,89	13,93	7,35
Fort Churchill	58. 47 N	94. 4 W	10,09	13 62	8,33
Berlin	52. 31 N	13. 22 D	11,19	14 66	7,68
Hamburg	53. 33 N	9. 59 D	11,25	14,27	7,63
New-Haven, Conn.	41. 10 N	72. 30 W	11,21	14,71	6,41
Penzance	50. 12 N	5. 32 W	11,27	14,77	8,28
Brüssel	52. 31 N	4. 22 D	11,37	14,47	8,38
Cambridge, Mass.	42. 23 N	72. 17 W	11,37	14,34	7,61
New-Bedford, Mass.	41. 59 N	71. 50 W	11,37	14,83	7,32
Göttingen	51. 32 N	9. 55 D	11,41	14,19	7,78

Ort	Breite	Länge	Jahr	Winter	Sommer
Zafug	62° 2' N	129° 42' D	11,49	11,40	9,04
Lomse	59. 39 N	83. 10 D	11,53	14,00	7 83
Eatharinenburg	56. 50 N	60. 35 D	11,82	15,43	8 72
Bristol	51. 27 N	2. 35 W	11,86	15,13	8,83
Haag	52. 5 N	4. 19 D	11,95	15,47	8,13
Copenhagen	55. 41 N	12. 34 D	12,31	15,29	8,88
London	51. 31 N	0	12,36	15,59	9,01
Frankfurt	52. 36 N	4. 19 D	12,38	15,14	9,87
Gosport	50. 48 N	1. 6 W	12,72	15,41	9,37
Middelburg	51. 30 N	3. 37 D	12,85	17,04	8,88
Aluluf, Unas	53. 53 N	168. 29 W	12,85	15,46	8,52
Isafka	59. 56 N	30. 19 D	12,96	16,37	8,85
Petersburg	65. 51 N	24. 10 D	13,19	17,03	9,58
Lornea	59. 21 N	18. 3 D	13,24	16,83	9,80
Stockholm	60. 27 N	22. 20 D	13,28	16,49	8,76
Åbo	59. 52 N	17. 39 D	13,37	16,35	9,50
Upsala	60. 24 N	5. 21 D	13,86	16,46	10,08
Bergen	57. 8 N	61. 20 W	14,34	18,00	10,83
Main, Labrador	63. 50 N	20. 15 D	14,36	17,51	9,78
Umeo	59. 55 N	10. 49 D	14,65	18,56	9,78
Christiania	64. 30 N	20. 15 W	15,92	...	...
Näs, Island					

Führen gleich die hier mitgetheilten Größen einige Unsicherheit mit sich, da wohl nur wenige Beobachter mit Ausnahme einzelner Fälle die wahren Extreme beobachtet haben, und die von ihnen gegebenen Größen sich also der Wahrheit desto mehr nähern, die Unterschiede also desto größer werden, je häufiger der Stand des Instrumentes während des Tages aufgezeichnet wurde, so lassen sie uns doch einigermaßen das allgemeine Verhalten auf der Erde erkennen. Wir sehen daraus nicht bloß, daß die unregelmäßigen Aenderungen des Luftdruckes desto bedeutender werden, je weiter wir uns vom Aequator entfernen, sondern wir erkennen zugleich auf eine auffallende Weise den Einfluß der geographischen Länge. Obgleich Hindostan mit den westindischen Inseln in nahe gleicher Breite liegt, so sind dort die Schwankungen bedeutend größer. In höheren Breiten da-

gegen zeigt sich ein anderes Verhältniß. Es sind nämlich diese unregelmäßigen Bewegungen im Luftdrucke an der Ostküste America's weit größer als an der Westküste Europa's, und zwar scheint die Differenz dieser Verhältnisse etwa in der Gegend am größten zu seyn, wo sich der Golfstrom nach Osten wendet und wo die Isothermen sehr gedrängt an einander liegen. So sind die Schwankungen im Staate Massachusetts (42° N) etwa eben so groß als in einer 10° nördlicher liegenden Gegend des westlichen Europa; aber beim Uebergange nach dem Innern des alten Continents, nehmen die Schwankungen immer mehr ab, und scheinen dann wider gegen die Ostküste Asiens zu wachsen. So sind die Schwankungen in Göttingen ($51^{\circ} 32'$ N, $9^{\circ} 55'$ O), Rom ($59^{\circ} 39'$ N, $83^{\circ} 10'$ O) und Jakut ($62^{\circ} 2'$ N und $129^{\circ} 42'$ O) sehr nahe gleich. An der Westküste America's scheint diese Größe bei einerlei Breite ungefähr etwa so groß als im westlichen Europa zu seyn, wie die Messungen in Sitka und Jukut beweisen, dagegen im Innern America's etwas kleiner als an beiden Küsten. Wenn wir auf einer Karte die Orte verbinden, an denen dieses Element dieselbe Größe hat, so bekommen wir ziemlich regelmäßige Linien, welche ich mit dem Namen isobarometrischer Linien bezeichnet habe, und ich ver-
 stehe also unter isobarometrischer Linie von $2'''$ diejenige, welche alle die Orte verbindet, an denen der mittlere Unterschied zwischen den monatlichen Barometerextremen $2'''$ beträgt.

Isobarometrische Linien.

Leiten wir aus den vorhandenen Größen die Breiten her, in denen die isobarometrischen Linien von 2, 4, ... pariser Linien die verschiedenen Meridiane durchschneiden, so ergibt sich folgende Tafel:

Isobarometrische Linien von	Ostliches America	Westliches Europa	Deutschland und Italien	Rußland	Hindostan und Sibirien
2'''	15° 33'	15° 9'	21° 15'	23° 36'	...
4	23. 55	26. 17	29. 38	31. 51	28° 36'
6	30. 27	34. 4	36. 43	39. 2	35. 29
8	36. 14	42. 14	43. 18	45. 51	46. 34
10	41. 40	47. 8	49. 43	52. 43	57. 55
12	46. 58	51. 4	56. 34	60. 5	72. 23
14	52. 21	57. 47	64. 6	68. 50	...
16	58. 1	65. 22	73. 48	83. 38	...

Drücken wir diese Zahlengrößen in Worten aus, so ergeben sich folgende Gesetze:

1) Die Oscillationen des Barometers am Aequator sind sehr klein; könnten wir dieselben so bestimmen, daß der Einfluß der regelmäßigen Bewegungen während des Tages und Jahres entfernt würde, so fänden wir vielleicht kaum die Größe von einer Linie. Im indischen Meere jedoch sind sie jedoch etwa doppelt so groß als bei gleicher Breite in anderen, eine Folge von der großen Aufregung, welche sich hier beim Wechsel der Moussons in der Atmosphäre zeigt.

2) Die isobarometrische Linie von $2'''$ schneidet Nordamerica in der Hondurasbai, geht von hier ziemlich genau nach Osten, erreicht Africa nördlich vom grünen Vorgebirge, hebt sich dann nach Norden, geht in der Nähe von Assuan in Aegypten fort, senkt sich später nach Süden gegen den Aequator, welchen sie etwas westlich von dem Meridian erreicht, welcher durch die Südspitze von Hindostan geht, und wendet sich nun in der südlichen Halbkugel wider gegen Westen.

3) Die isobarometrische Linie von $4'''$ schneidet die Ostküste America's östlich von Zacatecas, hebt sich von hier nach Norden, erreicht die Westküste Africa's zwischen dem Cap Bojador und den canarischen Inseln, geht durch den nördlichen Theil von Fegzan, das Delta des Nils, zwischen Bagdad und Bassora hindurch, senkt sich dann stark nach Süden und geht in der Nähe von Calcutta vorbei.

4) Die isobarometrische Linie von $6'''$ berührt den nördlichen Theil des mexicanischen Meerbusens, erreicht das alte Festland im nördlichen Theile von Feg, geht durch Sicilien, erreicht in der Nähe des caspischen Meeres ihren nördlichen Scheitel und senkt sich weiter östlich nach Süden.

5) Die isobarometrische Linie von $8'''$ geht durch den südlichen Theil der Chesapeake-Bai, hebt sich schnell gegen Norden, läuft durch den nördlichen Theil der pyrenäischen Halbinsel, und dieses Aufsteigen nach Norden scheint bis ins Innere Asiens fortzudauern.

6) Die isobarometrische Linie von $10'''$ schneidet die Ostküste America's in der Nähe von Boston, die Westküste Europa's nörd-

so führen diese in derselben Zeit eine Luftmasse durch den Ort, welche sich zu der bei südlichen Winden durchgeführten wie 11 : 10 verhält. Diese Thatsache erklärt uns einen Umstand, welcher bei der Betrachtung der auf S. 60. über die Windverhältnisse gegebenen Tafel unerklärlich bleiben würde. Darnach nämlich wehen die nördlichen Winde seltener als die südlichen, und das Verhältniß dieser zu jenen ist im Mittel nahe 10 : 11,8. Ginge also bei beiden stets gleich viel Luft durch den Beobachtungsort, so müßte sie sich mit der Zeit vom Aequator entfernen und an den Polen anhäufen. Das eben Gesagte zeigt aber, daß die nördlichen Winde eine fast in demselben Verhältnisse (genauer 10:11,3) größere Luftmasse in Bewegung setzen.

Barometerstand bei Regen.

Die bereits zu Torricelli's Zeit entdeckte Thatsache, daß das Barometer in der Regel bei Regen und verwandten Phänomenen einen niedrigen Stand habe, fand in dem Streben der Menschen, die Zukunft zu ergründen, einen nahrhaften Boden zur Erzeugung und Ausbildung vieler Hypothesen; diese Thatsache ist auch wohl Ursache, daß wir in Deutschland fast in jedem Dorfe ein Wetterglas finden. Es wird als gewiß angenommen, daß es regnen werde, wenn der Luftdruck klein ist, daß dagegen schönes Wetter bei hohem Barometerstande Statt finden müsse. Geschieht dieses nicht, dann ergießen sich die Besitzer solcher Instrumente in Klagen über die Unrichtigkeit derselben; besser wäre es, sie beklagten sich selber darüber, daß vorgefaßte Meinungen bei ihnen zur fixen Idee geworden sind.

Das Gesetz, welches allen Bewegungen des Barometers zum Grunde liegt, daß es nämlich die Temperaturdifferenz verschiedener Gegenden angiebt, findet auch hier seine Anwendung, und wenn es regnet oder heiteres Wetter Statt findet, so ist dieses eine Erscheinung, welche zwar oft mit dem Stande des Barometers im Zusammenhange steht, jedoch nur eine Folge der eigenthümlichen Lage von Europa ist. Da nämlich die südwestlichen Winde, als die wärmsten, das Barometer herabdrücken und zugleich den meisten Regen bringen, so folgt, daß Regen und niedriger Barometerstand häufig zusammen vorkommen,

während bei den trockenen und kalten nordöstlichen Winden hoher Barometerstand und heiteres Wetter zusammentreffen.

Nachdem sich die Physiker lange vergeblich bemüht hatten, eine Ursache für diesen Zusammenhang aufzufinden, wies zuerst de Luc auf eine umfassendere Weise denselben nach, und wenn gleich seine Hypothese keine genaue Prüfung aushält, so wird sie doch noch häufig als richtig angesehen, weshalb es mir zweckmäßig scheint, die wichtigsten Umrisse derselben anzugeben. Darnach nämlich ein Kubikfuß Wasserdampf weniger wiegt, als ein Kubikfuß Luft, so leitet de Luc alle Barometer-Variationen aus der größern oder geringern Menge von Dämpfen in der Atmosphäre ab. Wenn nämlich eine gegebene Luftmasse eine größere Menge von Dämpfen aufnimmt, so wird sie ausgedehnt, die Atmosphäre an dieser Stelle höher als in den benachbarten Gegenden, es flieht also ein Theil der Luftmasse ab, und der Druck des übrigen bleibenden Theiles wird wegen des geringern Gewichts der Dämpfe kleiner. Von diesem Satze ausgehend stellt er eine Menge von Regeln auf, von denen ich nur die wichtigsten anführen will.

- 1) Wenn die mit Dämpfen vermischte Luft durch die Winde vom Meere nach den entferntesten Gegenden zugeführt wird, so vermindert sie in allen Gegenden, durch welche sie geht, das Gewicht der Luft, und das Barometer muß also sinken.
- 2) Dauert diese Ankunft feuchter Luftmassen längere Zeit hindurch, so steigen die Dämpfe, welche vorher nur in den unteren Regionen der Atmosphäre vorhanden waren, immer höher und bilden hier Wolken. Dabei sinkt das Barometer immer tiefer, nicht weil die Wolken das Gewicht der Atmosphäre vermindern, sondern weil die Dampfmenge immer größer wird.
- 3) Werden die Nebelbläschen so angehäuft, daß sie sich zu größeren Massen vereinigen, so entsteht Regen.
- 4) Wenn bei heiterm Himmel die Luft feucht ist und sich während der Nacht ein reichlicher Theil niederschlägt, so sinkt das Barometer.
- 5) Das Barometer sinkt bei westlichen und südlichen Winden, weil diese feuchte Luft zu uns bringen, es steigt aber wegen der geringern Dampfmenge bei den nördlichen und östlichen Winden. Daher findet bei den ersteren Regen und bei den letzteren heiteres Wetter Statt.
- 6) Wenn es bei südlichen Winden heiter, bei nördlichen trübe ist, so zeigt das Barometer diesen Zustand nicht an.
- 7) Wenn

während des Regens die Anfuhr feuchter Luftmassen aufhört, so nimmt der Regen die Dämpfe mit zur Erde, es strömt von den Seiten trockene Luft hinzu, dadurch wird das Gewicht der Atmosphäre größer, das Barometer steigt, und wir dürfen hieraus folgern, daß der Regen nicht lange anhalten wird. 8) Wenn das Barometer nur deshalb steigt, weil der Wind, welcher die Dämpfe brachte, aufgehört hat, so kann es noch so lange regnen, als die Wolken noch hinreichend dicht sind, um Tropfen zu bilden. Ist aber diese Aenderung Folge eines trockenen Nordostwindes, so löst dieser die Dämpfe auf, und wir sehen alsdann die Wolken sehr schnell verschwinden. 9) Wenn viele Dämpfe in einer Gegend angehäuft werden und ihre Menge sie nöthigt, in Regionen zu steigen, wo sie zu Wolken condensirt werden, hierauf sich aber ein Wind erhebt, welcher nur in dieser Luftschicht weht, und die Wolken nach einer Gegend treibt, in welcher das Barometer hoch steht, so kann hier ein Regen Statt finden, ohne daß das Quecksilber sinkt, weil dieser Wind keine mit Dämpfen angefüllte Luft gebracht hat. Es regnet also in dieser Gegend bei hohem Barometerstande, dagegen geschieht es nicht in derjenigen, in welcher sich die Wolken bildeten, obgleich hier der Luftdruck wegen der Menge von Dämpfen bedeutend abnahm. 10) Da das Barometer die Aenderungen im Gewichte der ganzen Luftsäule, das Hygrometer aber nur den Feuchtigkeitszustand am Beobachtungsorte anzeigt, so wird der Gang beider Instrumente nicht immer zusammenfallen. 11) Die Wärme dehnt die Luft aus und vermindert ihr Gewicht, aber sie wirkt noch weit mächtiger auf die Dämpfe. Je größer also in einer Gegend der Unterschied zwischen den Temperaturen des Sommers und Winters ist, desto bedeutender ist auch der Unterschied in der Dampfmenge in der Luft, und daher muß hier die Größe der Barometerschwankungen zunehmen. Denn wenn zu der Wärme des Sommers und den von ihr gebildeten Dämpfen noch ein Wind kommt, welcher feuchte Luft bringt, so muß das Quecksilber nothwendig sinken. Daher ist im hohen Norden, wo der Unterschied zwischen Wärme des Sommers und Winters bedeutend ist, das Barometer sehr unruhig, dagegen ändert es sich eben so wie die Wärme sehr wenig am Aequator.

Diese Ansicht, die erste welche consequenter durchgeführt wurde, fand einen großen Beifall; in der Folge indessen modificirte sie der Urheber derselben dergestalt, daß er annahm, die Luft würde durch einen in der Atmosphäre vorgehenden Prozeß in Dampf und Wasser verwandelt, welche dann unter anderen Verhältnissen wieder in Luft übergingen. Die Durchführung der einzelnen Thatsachen blieb dann aber fast unverändert. Die Grundidee der zweiten Hypothese de Luc's, daß die Luft unter Umständen in Wasser verwandelt werden könnte, ist jedoch allen chemischen Erfahrungen zufolge unrichtig; denn sobald die luftartigen Bestandtheile der Atmosphäre sich zu einem flüssigen Körper verbinden, so entsteht nach dem früher (S. 84.) Gesagten, salpetrige Säure und kein Wasser. Aber schon Horaz Benedict von Saussure, der Landsmann und Zeitgenosse von de Luc zeigte auf eine entschiedene Art, daß die Barometer-Variationen nicht bloß von den Dämpfen herrühren könnten, und obgleich alle späteren Untersuchungen über die Natur der Dämpfe diese Einwürfe bestätigt haben, so wurde doch die Arbeit Saussure's wenig beachtet, und wir finden die Ansicht de Luc's in den meisten Lehrbüchern der Physik und Meteorologie aus dem letzten Viertel des vorigen und dem ersten Viertel dieses Jahrhunderts wiederholt, selten wird dabei Saussure auch nur flüchtig erwähnt. Mir scheint es fast, als ob nicht sowohl eine innere Ueberzeugung der Schriftsteller von dem Werthe oder Unwerthe einer dieser Ansichten, als vielmehr eine gewisse Trägheit die Ursache davon sey. De Luc hatte besonders in seinen Ideen über Meteorologie ein vollständiges System der Meteorologie gegeben, leicht ließ sich dieses zusammenfassen, und so war der ganze Abschnitt für die Lehrbücher vollständig bearbeitet; Saussure dagegen hatte sowohl in seinen Reisen durch die Alpen als in seiner Hygrometrie einzelne zwar ausgezeichnete, aber isolirt stehende Untersuchungen gegeben, es war mühsamer, diese zu einem harmonischen Ganzen zu ordnen, daher unterblieb diese Arbeit, am wenigsten aber ließen sie sich mit den Ansichten von de Luc vereinigen, da sie diesen mehr oder weniger widersprachen.

Nachdem Gauffure die Dampfmenge aufgesucht hatte, welche bei verschiedenen Ständen des Thermometers und seines

Hygrometers in der Luft vorhanden wäre, so machte er auf mehrere Umstände aufmerksam, welche welche sich mit der Ansicht von de Luc nicht vereinigen ließen. Wirkten nämlich die Dämpfe auf die angegebene Art, so müßte man zunächst die Größe der Variationen aufsuchen, die auf diese Art entstehen könnte. Gesezt, der Thaupunkt läge bei 25", so steht der Druck der Dampfatosphäre mit einer Quecksilbersäule im Gleichgewichte, deren Länge etwas mehr als 10 Linien beträgt. Stürzte also auch alles in der Atmosphäre befindliche Wasser herab, würde also, was nie der Fall ist, die Luft ganz trocken, so würde das Barometer vom höchsten bis zum tiefsten Stande um 10 Linien sinken. Aber solche Extreme, wie wir hier für den Dampf angenommen haben, kommen in unseren Gegenden fast nie vor, während das Barometer weit größere Differenzen zeigt. Es müßten ferner die Schwankungen im Luftdrucke in jenen Gegenden und in jenen Jahreszeiten am bedeutendsten seyn, wo durch lebhaftere Einwirkung der Wärme eine größere Menge von Dämpfen entwickelt wird, also der Unterschied gesättigter und völlig trockener Luft größer ist, d. h. im Sommer und am Aequator, während die Erfahrung gerade das Gegentheil zeigt.

Der ganzen Hypothese von de Luc liegt eine Thatsache zum Grunde, welche durch die Erfahrungen von Dalton, Gay-Lussac und Anderen als unrichtig erwiesen worden ist. Bei derselben Spannung wiegt allerdings ein gegebenes Volumen feuchter Luft weniger, als bei trockener Luft. Wenn aber in der freien Atmosphäre bei ruhiger Luft Wasser verdunstet, so steigen die Dämpfe durch die Zwischenräume der Luft in die Höhe, ohne durch ihre Elasticität und ihr Gewicht auf die Bewegung der Luft Einfluß zu haben. Der Druck der Atmosphäre ist durch diesen Vorgang um das Gewicht des aufgestiegenen Wasserdampfes vermehrt worden, das Barometer muß also unter übrigen gleichen Umständen in feuchter Luft etwas höher stehen, als in trockener. Dieser Behauptung scheint die Erfahrung in sofern zu widersprechen, als die Dampfmenge bei denjenigen Winden am größten ist, bei denen es am niedrigsten steht; aber die südwestlichen Winde, welche uns den meisten Regen bringen, sind auch die wärmsten. Durch ihren Dampfgehalt suchen diese Winde das Barometer zu heben, durch ihre Temperatur drücken sie es

herab; da die letztere Ursache aber weit mächtiger wirkt, so nimmt der Luftdruck ab, und so ist die Wärme die Ursache, daß die Seewinde bei uns mit einem niedrigen Barometerstande verbunden sind. In anderen Gegenden der Erde können die Verhältnisse ganz anders seyn, und einige Erfahrungen von Reisenden scheinen dieses auch zu bestätigen. So hat Flinders in einem Aufsatze über die Bewegungen des Barometers an den Küsten von Neu-Holland gezeigt, daß außerhalb der Tropen die vom festen Lande wehenden (also trockenen) Winde stets das Barometer deprimiren, so daß man aus dem Sinken des letzteren den baldigen Eintritt des Landwindes voraussagen könne, und dieses schließt sich an die von Péron mitgetheilte Thatsache, daß die Landwinde sich bei Neu-Holland durch ungewöhnlich hohe Temperatur auszeichnen. Eben so steht an der Mündung des La Platosstromes das Barometer bei den östlichen Seewinden weit höher als bei den westlichen Landwinden.

Bei dieser Untersuchung müssen wir zunächst die Verhältnisse, welche man zur Zeit von länger dauerndem Regen beobachtet, von denen unterscheiden, welche sich zur Zeit einzelner Regenschauer zeigen. Finden letztere öfter Statt und nähert sich die Wolke dem Scheitelpunkte, so kann man in der Regel auf die mehrere Zehntel Linien betragendes Steigen des Barometers rechnen. Besonders ist dieses bei der Annäherung von Gewittern der Fall, nicht selten aber sinkt das Barometer wieder zu seinem frühern Stande herab, wenn die Wolke sich entfernt, ja man kann besonders bei Gewittern darauf rechnen, daß ihre größte Stärke vorbei sey, wenn das Barometer zu steigen aufhört, oder wohl gar zu sinken anfängt. Der Grund dieser Erscheinung ist darin zu suchen, daß durch den herabgefallenen Regen die unteren Luftschichten erkaltet und zusammengezogen werden, und daß nun von allen Seiten Luftmassen sich gegen diesen erkalteten Raum bewegen. Zuweilen indessen geschieht es, daß von nun an das Barometer mehrere Tage regelmäßig steigt. In diesem Falle aber wurden die bis dahin wehenden südlichen Winde durch nördliche verdrängt, da, wo beide zusammentrafen, wurde durch die Mischung von ungleich warmen Luftschichten die Condensation der Dämpfe befördert und als Wirkung der nördlichen Winde zeigte sich das Steigen des Barometers. Dieses ist bei

sonders bei den Gewittern im Winter der Fall. Stürmt es heftig aus Süden, sinkt dabei das Barometer sehr tief und steigen sich dann einige Blitze, so kann man in der Regel darauf rechnen, daß von diesem Momente an der Luftdruck größer wird.

Anders ist es dagegen, wenn wir die Verhältnisse bei regnerischem Wetter im Allgemeinen untersuchen, dann steht das Barometer durchschnittlich etwa 2 Linien unter seinem mittlern Stande, und diese Differenz entspricht im Allgemeinen den südlichen und westlichen Winden, welche uns die feuchte Luft vom Meere herbeiführen. Jedoch zeigt sich hier eben so der Einfluß der Windrichtung, als wir diesen oben am Barometer im Allgemeinen betrachteten. So finden wir nach den Untersuchungen von Buch in Berlin zur Zeit von Regenwetter folgende Barometerstände:

bei N-Wind	334 ¹ / ₄
NO . . .	5,10
O	5,17
SO . . .	3,03
S	2,10
SW . . .	2,56
W	4,18
NW . . .	5,04

Alle diese Größen sind kleiner als diejenigen, welche diesen Winden im Allgemeinen zukommen; es folgt ferner aus diesen wichtigen Untersuchungen Buch's, daß man keine anhaltenden Regen erwarten dürfe, so lange das Barometer nicht einen Stand hat, welcher niedriger ist, als der diesem Winde entsprechende mittlere Stand. Diese Verhältnisse selbst stehen aber in einem innigen Zusammenhange mit dem über Entstehung des Regens Gesagten. Wenn nämlich die südwestlichen Winde sich erheben, so zeigt sich zwar sogleich die von ihnen bewirkte Abnahme des Luftdruckes, aber es bilden sich erst in den oberen Schichten feine Cirri. Erst wenn der Wind länger anhält, wenn also das Barometer immer tiefer sinkt, so wird die von ihnen herbeigeführte Dampfmenge so groß, daß Wasser zur Erde fällt. Daher ist bei diesen Winden der Barometerstand zur Zeit von Regen niedriger, als im

Allgemeinen. Ganz dasselbe gilt von nördlichen Winden. Wenn sich diese erheben, so beginnt das Barometer zu steigen; da sie aber in der Regel eine Luft treffen, welche von den vorhergehenden westlichen noch feucht war, so bewirken sie durch ihre Kälte die Entstehung von Regen; so wie sie jedoch länger wehen, wird die Luft ausgetrocknet, und mit dem höhern Stande ist gutes Wetter verbunden.

Wenn man also auf den Scalen der Wettergläser einen Punkt, welcher mehrere Linien unter dem Mittel steht, mit „Regen“ bezeichnet, so ist dieses Verfahren einigermaßen begründet. Jedoch müssen zu einer vollständigen Auslegung desselben noch vorzugsweise zwei Punkte berücksichtigt werden, nämlich die Windrichtung und der Witterungscharakter zur Zeit der Beobachtung.

Was zuerst die Windrichtung betrifft, so ist der Einfluß derselben gründlich von Dove untersucht worden, daß es mir am besten scheint, die von ihm entwickelten Sätze mit seinen eigenen Worten wieder zu geben. Er stützt sich dabei auf die früher entwickelte Ansicht über die regelmäßige Drehung der Winde von Osten durch Süden nach Westen (S. 62.) und geht nun von folgenden bereits früher entwickelten Sätzen aus:

1) Auf der Westseite der Windrose folgt ein kälterer Wind auf einen wärmeren, auf der Ostseite hingegen ein wärmerer auf einen kälteren (NW ist kälter als W, SO wärmer als S. S. 194.).

2) Auf der Westseite verdrängt der schwerere nördliche Wind den südlichen leichtern rascher, als auf der Ostseite jenen (das Barometer steigt nicht so oft als es sinkt, es steigt mithin schneller).

3) Auf der Westseite der Windrose ist die Elasticität des Wasserdampfes des folgenden Windes geringer, als die des vorangehenden; auf der Ostseite findet das Gegentheil Statt (NW enthält weniger Dämpfe als W, SO dagegen mehr als O.).

4) Auf der Westseite tritt der kältere Wind zuerst unten ein und verdrängt den vorher wehenden südlichen Wind von unten nach oben; auf der Ostseite tritt der wärmere zuerst oben ein und verdrängt den vorher wehenden nördlichen Wind von oben nach

unten. Zugleich nimmt die Geschwindigkeit des Vordringens auf der Westseite von S nach N allmählig ab, auf der Ostseite hingegen von N nach S immer mehr zu.

Aus diesen Thatsachen folgt, daß die relative Anzahl der Niederschläge (d. h. bei Berücksichtigung der Zahl, wie oft jeder Wind überhaupt weht) auf der Westseite größer seyn müsse, als auf der Ostseite. Daß dieses nicht bloß von der Elasticität der Wasserdämpfe abhängt, ergibt sich daraus, daß es bei W mehr regnet, als bei SO, ungeachtet der nahe gleichen Elasticität des Wasserdampfes. Da auf der Westseite ein kälterer Wind auf einen wärmern folgt, auf der Ostseite ein wärmerer auf einen kältern, so könnte man daraus das Phänomen erklären, daß man sagte, auf der Westseite nimmt die Dampfcapazität der Luft ab, auf der Ostseite zu. Aber natürlich wird sich der Niederschlag darnach richten, ob der trockene oder der feuchte Wind das Uebergewicht hat. Aus dem raschen Einfallen der nördlichen Winde auf der Westseite, dem allmählichen Ueberhandnehmen des Südwindes auf der Ostseite folgt, daß auf der Westseite ein plötzliches Vermischen ungleich erwärmter Luftschichten Statt finden wird, auf der Ostseite hingegen ein allmähliges Verdrängen. Wir werden daher die häufigsten Niederschläge von Süd nach West zu erwarten haben, die seltensten von N bis O; denn wegen der raschen Drehung von S nach N werden die Temperaturdifferenzen der sich auf der Westseite mischenden Winde größer seyn, als die auf der Ostseite, aus eben dem Grunde die Niederschläge auf der Westseite nach N höher hinaufreichen. Da aber die den verschiedenen Winden entsprechenden Temperaturen im Winter am stärksten differiren, so wird die Zahl der Niederschläge im Winter größer seyn, als im Sommer; wegen der damit verbundenen größeren barometrischen Differenzen wird aber die Drehung des Windes im Winter rascher seyn, als im Sommer; es wird also eher mit NO schneien, als es damit regnet.

Ist nun eine rasche Vermischung der Winde dem Niederschläge vorzüglich günstig, so würde sich daraus ergeben, daß auf der Westseite das Barometer während des Regens rasch steigen muß, auf der Ostseite rasch fallen. Aber der Wind geht natürlich nicht immer continuirlich durch die Windrose, er springt

besonders auf der Westseite häufig zurück. Aus dem oben Gesagten folgt aber, daß eine der regelmäßigen Drehung entgegengesetzte Aenderung des Windes auf der Westseite selten mit einem Niederschlage verbunden seyn wird, auf der Ostseite werden hingegen die seltenen Ausnahmen der gesetzmäßigen Aenderung gerade gegen die seltenen Ausnahmen der gesetzmäßigen Aenderung mit Regen verbunden seyn. Es werden also auf der Ostseite eher Regen mit steigendem als auf der Westseite mit fallendem Barometer vorkommen. Das Steigen des Barometers während der Regenwinde auf der Westseite wird also entschieden größer seyn, als das Steigen bei Westwinden im Mittel, für die östlichen Regenwinde hingegen das Fallen geringer, als für die Ostwinde im Mittel. Da aber wegen der gesetzmäßigen Drehung jedes Zurückgehen durch ein Vorgehen compensirt werden muß, das Zurückspringen des Windes auf der Westseite aber weit häufiger geschieht, als auf der Ostseite, so wird ein Fallen des Quecksilbers mit Westwinden auf einen folgenden Regen deuten, da der Gang nach Nord wieder durchgemacht werden muß, und hierin zugleich ein neuer Grund für die Häufigkeit der Niederschläge auf der Westseite liegen. Dauernder Regen ist also nicht ein Niederschlag, sondern die häufige Wiederholung derselben Erscheinung, die sich in Beziehung auf die Windfahne darstellt, als eine continuirliche Abwechselung von West nach Südwest, in Beziehung auf das Barometer als ein fortwährendes Schwanken.

Durch eine Vergleichung der Beobachtungen in Paris hat Dove die Richtigkeit dieser Behauptungen erwiesen, indem aus der von ihm mitgetheilten Tafel aufs Entschiedenste folgt, daß das Barometer bei Regen mit Ostwinden falle, bei Westwinden aber steige. Eben dieses zeigen Messungen in Stockholm. In dem ich den Wind zum Grunde legte, welcher hier um 2 Uhr Abends wehte, suchte ich an allen Tagen, an denen Regen oder Schnee Statt fand, die Größe auf, um welche das Barometer von 6 Uhr Morgens bis 9 Uhr Abends stieg (+) oder sank (—). Dieselbe Aenderung suchte ich an denjenigen Tagen auf, welche dem Regen vorausgingen, wofern diese nicht schon Regentage waren. Auf diese Art habe ich folgende Größen gefunden:

	Tag vor dem Regen	Regentag
N	+ 0",42	+ 0",60
NO	+ 0,06	+ 0,44
O	— 0,01	— 0,41
SO	— 0,50	— 0,65
S	— 0,41	— 0,61
SW	— 0,71	— 0,27
W	+ 0,13	+ 0,22
NW	+ 0,31	+ 1,06
Mittel	— 0,09	+ 0,17

Entschieden geht also aus dieser Tafel hervor, daß das Barometer im Mittel vor dem Regen sinkt, während desselben aber steigt. Zugleich aber zeigt sich, wie bei östlichen Winden, bei denen das Barometer dem früher Gesagten zufolge sinkt, dieses Sinken an den Regentagen schneller erfolgt, als am Tage vor dem Regen, und ganz etwas Ähnliches zeigt das Steigen bei westlichen Winden.

Das rasche Steigen von W bis N giebt nach Dove zugleich ein leichtes Verfahren an die Hand, die Richtung der Aenderung des Windes an einem gegebenen Orte zu finden. Zehn Beobachtungen bei NW reichen schon dazu hin. Und so lösen sich denn auf die einfachste Art alle Widersprüche, in welche man sich darum verwickelte, weil man die Phänomene der Ostseite nicht von denen der Westseite unterschied, weil man von dem Barometer verlangte, daß es vor dem Regen entweder steigen müßte, oder fallen. Wenn im Conflict der südlichen und nördlichen Winde auf der Westseite aller überflüssige Wasserdampf der ersteren niedergeschlagen ist, so ist für den durchgedrungenen Nordost, der aus kälteren Gegenden nach wärmeren fließt, dessen Dampfcapazität also fortwährend erhöht wird, kein Grund des Niederschlages vorhanden, und es steht daher bei dem barometrischen Werthe dieses Windes an der Scale „schön“ oder „sehr trocken.“ Nun beginnt das Barometer zu fallen, und man sagt: es wird regnen, richtiger: es wird wieder Südwind werden. Versteht man also unter „vor“ die Zeit, während welcher der Wind von NO durch O nach S geht, so fällt das Barometer allerdings vor dem Regen. Aber man sieht leicht, daß die-

ses zwei Erscheinungen verbinden heißt, welche nicht zusammens gehören, und eine darauf gegründete Theorie, wie sie Leibniz zuerst gab und die unter verschiedenen Formen später häufig wiederholt ist, wird immer einseitig bleiben müssen, da sowohl für die unregelmäßige Drehung als das unregelmäßige Zurückspringen des Windes die Erscheinung auf der einen Seite der Windrose der auf der andern gerade entgegengesetzt ist.

Aus der Vergleichung der Temperaturverhältnisse mit der Drehung des Windes und besonders dem Gange des Instrumentes vom Morgen bis zum Abend bei verschiedenen Winden (S. 196.) leitet Dove noch folgende Sätze her:

Auf der Westseite der Windrose folgt Schnee auf Regen auf der Ostseite Regen auf Schnee.

Schnee mit Westwinden deutet auf den Eintritt neuer Kälte, Schnee bei Ostwinden auf eine Milderung derselben. Das Sprichwort: neuer Schnee, neue Kälte, ist dadurch entstanden, daß es häufiger mit Westwinden schneiet, als mit Ostwinden.

Will man diese Sätze auch für die unregelmäßigen Veränderungen anwenden, so heißen sie: Schnee mit fallendem Barometer wird Regen; Regen mit steigendem Barometer wird Schnee; Schnee mit steigendem Barometer zeigt neue Kälte an, Schnee mit fallendem eine Mäßigung derselben.

Außerdem folgt hieraus, daß Schneefälle nicht bei bedeutender Kälte Statt finden können, da, wo der kalte nördliche Wind herrschend geworden oder der südliche verdrängt ist, kein Grund mehr zum Niederschlage vorhanden ist.

Eine nach dem Regen erhöht bleibende Temperatur wird einen neuen Regen anzeigen, denn auf der Ostseite ist sie das gesetzmäßige Ueberhandnehmen des südlichen Windes, auf der Westseite ist sie ein Zurückspringen, das durch ein neues Vorgehen oder neuen Niederschlag wieder compensirt werden muß.

Da auf der Westseite der Windrose der kältere Wind unten zuerst als der schwerere einfällt, der wärmere auf der Ostseite den kälteren von oben herab allmählig aufwickelt, so wird bei dem Regen im Mittel unten ein Wind seyn, dessen barometrischer mittlerer Werth größer ist, als der des oben wehenden. Es wird

also der Barometerstand während des Regens niedriger seyn, als der barometrische Werth des Windes überhaupt, da das Verdrängen während des Regens am raschesten geschieht. Die Größe des barometrischen Abstandes eines Regenwindes von seinem allgemeinen Mittel wird sich also richten nach dem Verhältnisse der barometrischen Werthe der Winde unter einander und der Geschwindigkeit des Ueberganges. Da nun im Winter die barometrischen Unterschiede der Winde am größten und eben deswegen der Uebergang der südlichen in die nördlichen, und umgekehrt am raschesten, so wird die Differenz zwischen dem Regenmittel eines Windes und dem allgemeinen Mittel dann am größten seyn. Die Form des Niederschlages ist aber in höheren Breiten im Winter Schnee. Das Barometer wird also bei Schneefällen am tiefsten unter dem allgemeinen Mittel des Windes stehen. Kommt aber Schnee und Regen in demselben Durchgange durch die Windrose vor, so entspricht der Regen dem tiefern Stande.

Aus dem Untereinkommen des kältern Windes auf der Westseite folgt außerdem, daß Einkommen des Windes, Wolkenbildung, Niederschlag als Regen oder Schnee und Steigen des Barometers zusammenfallen werden, ja häufig der Wind den anderen Erscheinungen vorangehen wird, hingegen auf der Ostseite ist die Wolkenbildung früher als der unten bemerkbare Wind. Auf der Westseite geht die Wolkenbildung von unten nach oben, auf der Ostseite von oben nach unten. Das Aufhören der Wolkenbildung, wenn der nördliche Wind immer mehr herrschend wird, nennt man das Brechen der Wolken, welches sehr verschieden ist von dem allmählichen Auflösen des Cumulus, wenn an schönen Tagen der aufsteigende warme Luftstrom am Abend aufhört. Plötzliche Wolkenbildung gehört der Westseite an, da hier plötzliche Vermischung Statt findet, allmähliche Bildung der Ostseite. Jener entspricht der Cumulostratus, dieser der Cirrus. Dieser ist ein Niederschlag durch einen eintretenden südlichen Wind, jener der Niederschlag durch einen in wärmere Luft eindringenden kältern.

Dieses ist der Vorgang, welcher sich in unseren Klimaten in der Mehrzahl der Fälle zeigt, man wird jedoch bei der Vergleichung des Instrumentes mit der Witterung nicht selten Ausnahmen von diesen allgemeinen Regeln finden. Zuerst dürfen wir nicht vergessen, daß die Windrichtung häufig an einem Orte

von derjenigen abweicht, welche wir an benachbarten finden, daß man also fälschlich den Barometerstand auf einen Wind bezieht, welchem er nicht entspricht. Sodann kommt es nicht bloß auf Temperatur und Dampfgehalt der ankommenden Luftmasse an, sondern auch auf eben diese Größe bei der Luftmasse, die sich schon am Beobachtungsorte befindet. Ist letztere sehr feucht, so wird der Niederschlag weit leichter erfolgen, als wenn es nicht der Fall ist. Eine solche Verschiedenheit kann sich aber mehrere Monate hindurch zeigen, und hieraus ergibt sich der verschiedene Character derselben Jahreszeit in verschiedenen Jahren. Ich erinnere in dieser Hinsicht an die beiden Sommer von 1834 und 1838. Im erstern waren trockene Ostwinde vorherrschend und die Witterung sehr heiß. Sehr häufig bildeten sich bei sinkendem Barometer Cirri in ungeheurer Menge in den oberen Schichten, dann folgten dicke Cumuli von tiefblauer Farbe, es hatte das Ansehen, als wenn heftige Gewitterregen herabstürzen wollten, aber in kurzer Zeit breiteten sich alle Dämpfe ruhig in der trockenen Luft aus, höchstens fielen einzelne Tropfen und nach wenigen Stunden waren die Wolken verschwunden. Ganz anders war es in dem nasskalten Sommer des Jahres 1838. Die vorherrschenden westlichen Winde erfüllten die Atmosphäre so sehr mit Dämpfen, daß sie stets dem Zustande der Sättigung nahe war, und so zeigten sich fast bei jeder Aenderung des Windes und des Barometerstandes mehr oder weniger heftige Regen. Kaum zerriß die Wolken und es zeigte sich auf Stunden ein reiner heiterer Himmel, so drängte aufs Neue der feuchte Seewind herbei, und es zeigten sich die Phänomene von der Westseite der Windrose, ohne daß die der Ostseite sich klar entwickeln konnten.

Man muß diesen Character stets vor Augen behalten, wenn man über die Gültigkeit der Anzeigen des Barometers entscheiden will. Es gefällt sich dazu noch der Uebelstand, daß die meisten meteorologischen Instrumente uns nur das angeben, was sich am Orte ihrer Aufstellung befindet. Hätten wir Werkzeuge, welche uns eben so vollständig die mittlere Wärme und die mittlere Feuchtigkeit nebst Windrichtung von der Oberfläche der Erde bis zur Gränze der Atmosphäre angäben, als dieses das Barometer in Beziehung auf den Druck der Luft thut, dann ließe sich die kommende Witterung weit bestimmter voraussagen, als jetzt.

Wie wichtig diese Verhältnisse seyen, das lehrt eine einfache Betrachtung. Gesezt nämlich, in einer Höhe von 4000 Fuß liege der Thaupunkt bei 0° ; wäre nun dort die Temperatur $+1^{\circ}$, so würden sich höchstens einzelne Wolken bilden, die Sonne mehr oder weniger durchscheinen. Wenn dagegen das Thermometer auf -1° stände, so würde Wasser zur Erde fallen. Aber weit größere Temperaturdifferenzen zeigen sich in dieser Höhe nicht selten, wenn auch die Wärme in der Tiefe stets dieselbe ist. Bis jetzt fehlt es noch zu sehr an Beobachtungen an höher liegenden Punkten, um durch eine größere Anzahl von Messungen diese Thatsache nachzuweisen, da die wenigen Punkte in den Alpen, von denen wir länger fortgesetzte Tagebücher besitzen, in engen Thälern liegen, in denen locale Strömungen die allgemeinen Windverhältnisse ändern. Eine Vergleichung einjähriger Beobachtungen zu Halle mit denen welche der Brockenwirth Nehse mit großer Sorgfalt angestellt hat, bestätigen dieses auf das Entschiedenste. Im Mittel steht das Barometer auf dem Brocken $4^{\circ},67$ R tiefer als in Halle, doch ist diese Größe bei verschiedenen Winden ungleich. Bedeutender als die angegebene Größe wird die Temperaturverschiedenheit an solchen Tagen, an denen es in Halle regnete oder schneiete. Die folgende Tafel zeigt die von mir gefundenen Resultate:

Wind	Mittel aller Beobachtungen	Regentage
N	$4^{\circ},70$ R	$5^{\circ},23$ R
NO	4,56	4,88
N	4,01	5,15
SO	3,61	3,89
S	4,03	5,03
SW	4,99	5,09
W	5,05	4,77
NW	5,30	5,63

In dieser Tafel fallen zwei Dinge auf. Die Temperaturdifferenz zwischen Halle und dem Brocken ist bei östlichen Winden mehr als $1\frac{1}{2}$ Grad kleiner, als bei westlichen, d. h. die Wärme nimmt bei östlichen Winden weit langsamer ab, als bei westlichen, und zwar beträgt dieser Unterschied fast $\frac{1}{3}$ der ganzen Differenz zwi-

schen beiden Orten. Hieraus ergibt sich ein Phänomen, welches bereits auf S. 124. berührt ist. Vergleichen wir nämlich die relative Feuchtigkeit bei östlichen Winden mit der bei westlichen, so würde man zufolge der in der Tiefe beobachteten Verhältnisse nicht die große Verschiedenheit erwarten, welche beide in Betreff der Häufigkeit der Niederschläge zeigen. Aber bei östlichen Winden ändert sich die Temperatur nach der Höhe weit langsamer, und wenn daher der Druck des Dampfes von unten nach oben stets nach demselben Gesetze kleiner wird, so rückt die Luft bei östlichen Winden ihrem Feuchtigkeitszustande nicht so nahe, als bei westlichen, und daher wird der Regen weniger wahrscheinlich, selbst wenn das Hygrometer in der Tiefe der Sättigung weit näher steht. Dieses ist besonders im Winter der Fall. Im Januar und Februar 1838 war die Luft in Halle Tage lang fast gesättigt, nichts desto weniger zeigte sich auf dem heitern Himmel keine Spur von Wolken, aber in diesem Falle waren die unteren Schichten so stark durch Strahlung erkaltet, daß das Thermometer auf dem Brocken zuweilen fast 10° höher stand, als in Halle.

Wir finden ferner, daß der Wärmeunterschied zwischen Höhe und Tiefe bei Regen größer ist, als im Mittel. Nehmen wir den W aus, bei welchem nur wenige Niederschläge Statt fanden, so ist die Differenz größer als das Mittel $4^{\circ},67$, und nur der Westwind macht eine Ausnahme in sofern, als die Wärme dann, wenn es regnet, etwas langsamer abnimmt, als im Mittel aller Beobachtungen. Wir sehen also, daß unter übrigens gleichen Verhältnissen in der Tiefe der Regen desto wahrscheinlicher wird, je schneller die Wärme nach oben hin abnimmt, und wäre uns mithin dieses Element bei jeder Beobachtung bekannt, so würde die Sprache des Barometers uns viel verständlicher werden und die vielfachen Klagen über seine Unzuverlässigkeit würden ein Ende erreichen.

Obgleich übrigens die mitgetheilten Tafeln die erwähnten Verhältnisse sehr deutlich zeigen, so bin ich doch fest überzeugt, daß länger fortgesetzte Messungen dieselben werden noch deutlicher hervortreten lassen, wie sich theils aus der Art der Berechnung, theils aus der Beschaffenheit der Witterung ergibt. Da nämlich die Wärmeabnahme sich mit den Tages- und Jahreszeiten

ändert (S. 241.), so habe ich an jedem Tage die vorherrschenden Windrichtungen (6^h , 2^h und 10^h) genommen. Die in jedem Monate für die einzelnen Winde gefundenen Größen habe ich nun mit dem Mittel des Monats verglichen, eben so habe ich die bei irgend einem Winde für den Regen erhaltene Größe mit derjenigen zusammengestellt, welche bei demselben in eben diesem Monate Statt fand. Der benutzte Winter zeichnete sich nun durch trockene Ostwinde aus; da bei diesen die Wärmeabnahme langsamer erfolgt, als im Mittel, so ist gewiß, daß die für den Winter gefundene Temperaturdifferenz kleiner ist, als im Mittel mehrerer Jahre, und daß mithin das Verhalten des Ostwindes nicht so deutlich hervortritt. Ganz dasselbe gilt von den Westwinden, welche im Sommer so sehr vorherrschten. Werden daher mehrjährige Beobachtungen die Differenz der mittleren Werthe für die verschiedenen Winde mehr auffallen lassen, so gilt dieses noch mehr für die Erscheinungen bei Regen, denn manche Winde haben sich in dem Winter nie bei Regen, im Sommer selten ohne Regen gezeigt, und so wurde also bei ihnen die Differenz zwischen allgemeinem Verhalten und dem Regen zu klein gefunden.

Barometer bei Stürmen.

Wenn die Wärme auf einem großen Theile der Erde ungewöhnlich niedrig, auf einem andern ungewöhnlich hoch ist, dann kann das Gleichgewicht der Atmosphäre nicht länger bestehen, es wird ein Theil derselben aus der wärmern Gegend abfließen, der Luftdruck also in verschiedenen Ländern sehr ungleich seyn. Aber selten erfolgen die Strömungen mit Ruhe, mehr oder minder schnell bewegt sich dabei die Luft und es entstehen heftige Stürme. Dabei ist dann das Barometer sehr unruhig, es sinkt in manchen Gegenden sehr schnell, um bald darauf vielleicht eben so schnell zu steigen, und diese Aenderungen wiederholen sich oft in kurzer Zeit mehrmals. Es ist besonders diese Unruhe des Quecksilbers, welche bei diesem Vorgange vorzüglich charakteristisch ist; eben diese Unruhe, Folge des ungleichen Luftdruckes, ist auch Ursache des Sturmes, und die Erklärung des letztern muß in jenem Vorgange gesucht werden, nicht aber, wie es gewöhnlich geschieht, der umgekehrte Weg eingeschlagen werden.

Nicht bloß dasjenige, was über Winde gesagt worden ist, bestätigt diese Bemerkung, sondern einige Aufmerksamkeit auf das Barometer und Witterung zeigt dieses vollkommen. Selten zeigen sich länger anhaltende Stürme (denn Gewitterstürme, welche ungeachtet ihrer Heftigkeit oft nur wenige Minuten dauern, gehören nicht hieher) bei ruhigem Stande des Barometers, stets geht eine schnelle Aenderung derselben voraus, und erst nach einiger Zeit erhebt sich der Sturm.

Meistens wird nicht sowohl diese Unruhe des Barometers beachtet, als vielmehr gesagt, das Barometer habe bei Stürmen einen niedrigen Stand. Indessen ist dieses Gesetz nicht ganz richtig. Die meisten heftigen Stürme kommen bei uns aus SW, dabei sinkt das Barometer sehr schnell, wie es die diesem Winde entsprechende Wärme erfordert. Häufig geschieht es dann, daß dieser Wind plötzlich aufhört, es erfolgt Windstille, aber nach einiger Zeit folgt ein eben so heftiger Wind aus NW, welcher oft nach NO übergeht, und dabei sinkt die Temperatur: aber obgleich die Luft hier eben so schnell bewegt wird, als im ersten Falle, so steigt dennoch das Barometer. Dieses habe ich sehr häufig beobachtet, und als Beispiel führe ich die Stürme vom 14. und 15. Januar 1827 an. Seit mehreren Tagen war der Himmel trübe, häufige Niederschläge fanden bei westlichen Winden Statt. Mit ungeheurer Schnelligkeit zogen die Wolken am 14ten aus SW, Ziegel wurden in Menge von den Dächern geschleudert, dabei mehrmals starker Regen und vom Morgen bis zum Abend ein stetiges Steigen des Thermometers. In der Nacht drehte sich der Wind nach dem nördlichen Theile des Himmels, am 15ten kam er mit Heftigkeit aus N und NW, dabei stieg das Barometer schnell. Der Stand beider Instrumente war folgender:

Januar 13:	10 ^h 16.	Bar.	331 ^{'''} ,93	Therm.	— 0 ^o ,1 R
14:	8 Morg.	...	27,37	...	+ 2,6
	10	...	27,18	...	3,2
	12	...	26,29	...	3,6
	2	...	25,67	...	4,3
	4	...	24,44	...	5,0
	6	...	23,75	...	5,2
	8	...	22,49	...	5,3
	10	...	23,40	...	5,0
	11	...	24,14	...	5,0
	11	...	24,14	...	1,1
15:	8 Morg.	...	27,93	...	1,0
	10	...	28,90	...	

Die Seefahrer, denen natürlich weit mehr daran gelegen seyn muß, die Vorzeichen der Stürme kennen zu lernen, als den Bewohnern des Festlandes, haben uns eine große Zahl von Fällen mitgetheilt, aus denen der innige Zusammenhang zwischen Aenderung des Barometers und Stürmen hervorgeht. Krusenstern schreibt die Sicherheit, womit er den Gefahren eines Sturmes stets die geeignetsten Maaßregeln entgegensetzt, hauptsächlich den beharrlichen Beobachtungen des Luftdruckes zu, und ist daher der Meinung, daß kein Schiff ohne Barometer eine Reise unternehmen sollte. Eben so versichert Scoresby, daß er die Zeit und Stärke der Stürme aus dem Verhalten des Barometers mit einer unter 18 Malen 17 Mal zutreffenden Gewißheit vorausgesagt habe. Und eben so zeigen meine eigenen Messungen, daß man fast stets einen Sturm zu erwarten habe, wenn das Barometer schnell sinkt und die Temperatur besonders im Winter ungewöhnlich hoch ist. Oft war der Sturm in Halle freilich nicht sehr stark, aber dann fand ich meistens einige Zeit nachher in öffentlichen Blättern, daß er in andern Gegenden Europa's, selbst Deutschlands, sehr heftig gewesen sey.

Ich könnte theils nach meinen eigenen Erfahrungen, theils nach den Berichten von Reisenden eine große Anzahl von Fällen anführen, welche diesen innigen Zusammenhang nachweisen; ich halte dieses indessen nicht für nöthig, da ein Jeder, welcher ein Barometer besitzt, innerhalb eines kurzen Zeitraumes diese Thatsache beobachten kann.

So häufig aber auch ein schnelles Sinken des Barometers gleichzeitig mit heftigen Winden beobachtet ist, so hält es doch schwer, diesen Gegenstand dergestalt zu untersuchen, daß wir im Stande wären, ihn bis ins kleinste Detail zu verfolgen, denn fast bei keinem Vorgange in der Atmosphäre wird der Mangel gleichzeitiger Beobachtungen so fühlbar, als hier. Wir sehen, daß die Luft sich mit Schnelligkeit aus einer Gegend entfernt und nach einer andern bewegt; während dort das Barometer sinkt, muß es hier steigen. Wir haben es hier gewissermaßen mit einer Welle zu thun, welche sich an einer Stelle erhebt und an einer andern in die Tiefe sinkt, deren Gestalt wir aber nicht zu bestimmen vermögen, da wir nicht wissen, wie weit die einzelnen Punkte über oder unter der allgemeinen Oberfläche des Wassers

liegen. Mögen in Europa noch so viele Beobachter einige wenige Messungen am Tage anstellen, diese Arbeiten genügen nicht zur vollständigen Lösung unsers Problems. Bewegungen, bei denen das Barometer in kurzer Zeit viele Linien sinkt, finden meistens auf einem so großen Raume Statt, daß wir in Europa nur einen kleinen Theil von ihnen beobachten können, meistens fehlen dem Physiker bei der Untersuchung Messungen aus Asien und America, wo das Barometer vielleicht eben so schnell gestiegen war. Schon ältere Beobachter, wie Woodward, Wallis und Andere, hatten gefunden, daß die Barometer in verschiedenen Gegenden des westlichen Europa meistens zugleich stiegen oder sanken, und in der Folge haben Brandes, Pictet u. A. dieses bestätigt. Zeigen sich aber entsprechende Aenderungen auch auf einem sehr weiten Raume, so darf man doch nicht glauben, als ob die Größe des Steigens oder Sinkens genau dieselbe Größe erreichte. Dieses fällt besonders dann in die Augen, wenn wir den Höhenunterschied zweier Orte aus den gleichzeitig beobachteten Barometerständen herleiten. So habe ich zu verschiedenen Zeiten zwischen Berlin und Halle Größen gefunden, welche etwa 150 Fuß über oder unter dem Mittel lagen, und noch bedeutendere Differenzen, worauf sich später ein das Mittel übersteigender Werth zeigt. Es ist daher nicht sowohl ein Verschwinden eines Theiles der Atmosphäre, es ist vielmehr nur ein Abfließen der Luft aus einem Lande nach einem andern.

Brandes hat in seiner Witterungsgeschichte des Jahres 1783 mehrere Thatsachen mitgetheilt, welche das Gesagte auffallend bestätigen. Er benutzte dazu vorzüglich Beobachtungen, welche in Europa von Mafra bei Lissabon bis Torneo und Petersburg angestellt waren; aus einer Vergleichung derselben ging hervor, daß das Barometer in einer Gegend gestiegen war, während es in einer entfernten sank, und daß dabei die entsprechenden Variationen der Temperatur Statt fanden. Nachdem nämlich in den ersten Tagen des Januar die Kälte sehr stark

geworden war, nahm sie am 5ten in Deutschland und Frankreich schnell ab, dagegen sank das Thermometer in Lorneo und Petersburg, so daß es am letztern Orte am 9ten bei heiterem Himmel den niedrigen Stand von -25° R. erreichte. Bis zu eben diesem Tage fällt das Barometer ohne Unterbrechung in allen Gegenden des mittlern Europa. In Berlin, Sagan, Copenhagen fiel es $13'''$ bis $14'''$, in Ofen, Wien, Prag, Erfurt, Göttingen $11'''$, in Würzburg $9'''$, in Mannheim $8'''$, in München $7'''$, in der Schweiz $3'''$, und in la Rochelle hatte es seinen mittlern Stand behalten. Dagegen war es in Marseille und Rom vom 5ten bis 7ten gesunken und darauf bis zum 9ten gestiegen. In Petersburg und Lorneo, wo die Wärme bedeutend abgenommen hatte, zeigte sich eine starke Zunahme des Luftdruckes, es betrug dieselbe am ersten Orte $5'''$, am zweiten $7'''$. Wir hatten hier demnach zwischen Berlin, Sagan und Copenhagen eine Gegend, in welcher die relative Wärme am höchsten war, und von dieser aus nahm die Depression des Barometers nach allen Gegenden ab, ein Theil der Luftmasse hatte sich nach dem weit kältern Norden bewegt. Diese Bewegung der Atmosphäre erstreckte sich noch weit über die Gränzen von Europa hinaus. An demselben Tage, wo der Luftdruck in Europa so klein war, hatte das Barometer in Neu-York und Ipswich in Nord-America einen sehr hohen Stand, und die Beobachtungen von Beauchamp zu Bagdad im Innern Asiens zeigen, daß hier das Thermometer am 10ten Morgens bis $-1^{\circ},2$ (Mittel etwa 8° R) sank, und daß das Barometer, welches vom 5ten bis 8ten um $4'''$, 5 gestiegen war, an diesem Tage den höchsten Stand im Monate (etwa $6'''$ über dem Mittel) erreichte. Erwägen wir nun, daß in Petersburg, Ipswich und Bagdad die Wärme sehr bedeutend abgenommen hatte, so wird begreiflich, wie die Luft aus dem wärmern Deutschland abfließen mußte, während in den rings umherliegenden Ländern eine Anhäufung derselben Statt fand. Wir haben demnach eine wärmste Region mit niedrigem, eine kalte mit hohem Barometerstande. Von der einen bis zur andern mußte ein allmählicher Uebergang Statt finden. Sehen wir die Gränze dorthin, wo das Barometer etwa auf dem Mittel stand und der Luftdruck sich wenig änderte, so scheint sie durch la Rochelle, Marseille und Rom, hierauf

östlich von Ungarn und weiter nördlich von Stockholm und Lorneo durchzugehen, so daß sie auf der Oberfläche der Erde eine gekrümmte, in sich selbst zurücklaufende Gestalt hat.

Die Luftmassen, zwischen denen auf diese Art das Gleichgewicht aufgehoben war, bewegten sich mit großer Schnelligkeit fort. Am Abend des 8ten erhob sich vorzüglich im südlichen Deutschland ein starker Sturm. In Regensburg brach er am Abend des 8ten aus, dauerte bis zum folgenden Abend und erhob sich am 10ten abermals. In Mannheim stürmte es in der Nacht vom 8ten bis 9ten aus WSW , darauf ward es still bis zum Abend, aber dann nahm der Sturm wieder zu und scheint selbst am 10ten noch fortgedauert zu haben. Auf dem Gotthard und in Baiern waren die Tage vom 8ten bis 10ten Januar sehr stürmisch. In Prag wird in der Nacht vom 8ten bis 9ten Januar ein heftiger Windstoß erwähnt, nachher aber scheint der Sturm nicht anhaltend fortgedauert zu haben. In Sagan war ein heftiger SW wind vom 9ten bis 11ten Januar, in Berlin war ein lebhafter, aber nur am 11ten etwas stürmischer Wind; dagegen stürmte es heftiger in Göttingen vom 8ten Abends an. In Copenhagen scheint es erst am 9ten stürmisch geworden zu seyn. An allen diesen Orten war der Wind westlich, in Marseille und auf dem St. Gotthard NW , im mittlern und nördlichen Deutschland meistens SW und W , in Italien war er veränderlich und nicht stürmisch. Stockholm hatte am 8ten und 9ten starken SO , Petersburg D und Spjæberg in Norwegen NW -Wind, in Bagdad kam er fortwährend aus W . Im Allgemeinen hat es nach Brandes ganz das Ansehen, als ob ein zu starker Druck der Luft in Petersburg und Lorneo in den nördlichen Gegenden einen Strom aus Osten her, ein zu starker Druck in den westlichen und südlichen Gegenden einen Zufluß der Luft aus SW her bewirkt habe, um den vorzüglich im nördlichen Deutschland viel zu geringen Druck wieder auszugleichen. Demjenigen zufolge, was über Entstehung der Winde und der Barometerbewegungen gesagt ist, konnte der Vorgang kaum ein anderer seyn. Die stark erwärmte Luft über dem mittlern Deutschland floß in den oberen Regionen wahrscheinlich mit ungeheurer Schnelligkeit nach allen Seiten ab und vermehrte hier den Luftdruck, während in den unteren Regionen Winde nach dieser

warmen Gegend wehen mußten. Zugleich zeigt uns aber das eben erwähnte Beispiel eine auffallende Bestätigung des von Scoresby öfter beobachteten Phänomenes, daß nämlich der Sturm erst dann beginnt, wenn das Barometer seinen tiefsten Stand erreicht hat. So lange nämlich in der Nähe des Bodens nur noch der aufsteigende Luftstrom vorhanden war, sank zwar das Barometer, aber die lebhafte Seitenbewegung der Luftmassen war nur in den höheren Theilen der Atmosphäre vorhanden. Erst nach einiger Zeit kam der Wind der unteren Regionen an; durch diese hinzugekommenen Luftmassen, die sich wahrscheinlich bald darauf wieder erhoben, um aufs Neue abzufließen, mußte das Barometer bald steigen. Diese ankommenden SW-Winde führten eine große Menge von Dämpfen herbei, welche Ursache heftiger Regen wurden.

In dem eben betrachteten Beispiele zeigt sich schon in Europa eine Art von Ausgleichung, indem das Barometer in einer Gegend steigt und in einer andern sinkt. Dieses ereignet sich nicht immer, sondern wir finden zuweilen in dem ganzen von uns bewohnten Erdtheile ähnliche Veränderungen. Dieses war am 24. December 1821 der Fall. Als Beleg dieses Geseges will ich noch eine Thatfache aus dem Jahre 1783 mittheilen. Das Barometer sank bis zum 9. Februar sehr tief. Es ergiebt sich aus den vorhandenen Beobachtungen, daß das Quecksilber vorzüglich im mittlern England sehr tief stand. Am tiefsten, nämlich 14''' unter dem Mittel, stand es zu Lyndon in Rutlandshire. Die Gegend, wo es 13½''' unter dem Mittel stand, läßt sich durch eine Linie bezeichnen, die etwas westlich von Franeker, genau über Amsterdam und dann vermuthlich durch das südliche Europa geht. Die Linie, auf welcher es 13''' zu tief stand, geht oberhalb Widdelburg über den Kanal nach St. Malo. Die Linie, wo es 12''' unter dem Mittel steht, geht südlich von Widdelburg im holländischen Seeland und wenig südlich von Düinkirchen vorbei, dann südwärts nach Paris oder von hier nach der Mitte der Bretagne. Die Linie, wo das Barometer 10''½ zu niedrig stand, geht von Brüssel vermuthlich anfangs ganz südwärts, dann südwestwärts über Orleans nach Rochelle. Die Linie, wo das Barometer 9''' unter der Mittelhöhe stand, geht von Göttingen ungefähr über Mainz, nördlich von Metz,

südlich von Tropes und nördlich von Limoges vorbei, ungefähr nach Bordeaux. 8''' unter dem Mittel stand es zu Copenhagen, und die dieser Differenz folgende Linie geht dann beinahe gerade südlich nach Erfurt zu, dann südwestlich über Würzburg, durch den Elsaß, ungefähr nach Lyon, und endlich nach den westlichen Gegenden der Pyrenäen. Der um 7''' zu niedrige Barometerstand geht von Spydberg in Norwegen nach Stockholm, östlich von Berlin, nördlich von Regensburg nach München, südlich von Genf vorbei und durch die ehemalige Dauphiné. Der Barometerstand von 6''' unter der Mittelhöhe fand Statt südlich von Sagan, in Prag, Regensburg, auf dem Gotthard, in einigen Gegenden der Dauphiné und in Montpellier. 5''' zu niedrig stand das Barometer in Marseille und zu Mont Louis am Fuße der Pyrenäen. Endlich stand es in Ofen und Padua 4'', in Mafra 4½'', in Petersburg und Torneo 3'', in Vologna und Rom etwa 3''' unter der Mittelhöhe.

So haben wir also ganz übereinstimmende Veränderungen durch ganz Europa, indem das Barometer allenthalben unter der Mittelhöhe stand, die Differenz wird aber desto geringer, je weiter wir uns von England entfernen. Aber auch hier ist kein Verschwinden der Luft, keine Einwirkung des am 9ten Februar eintreffenden Erdbebens in Calabrien, wie van Swinden glaubte, anzunehmen, da ja in diesem Falle die Depression in Italien am größten seyn mußte. Auch in diesem Falle finden wir gleichzeitig einen hohen Druck in einer, einen geringen Druck in einer andern Gegend. Brandes macht darauf aufmerksam, daß das Barometer in Neu-York am 8ten Februar 9 bis 10 Linien über dem Mittel stand, und aus den Beobachtungen zu Bagdad folgt, daß es vom Mittage des 8ten bis zum Mittage des 9ten um die für jene Gegenden sehr bedeutende Größe von 5''½ gesunken war; dabei war das Thermometer um mehr als 10° gesunken und der Wind nach Norden gegangen. In den meisten Gegenden von Europa zeigten sich dabei nur schwache Oscillationen des Thermometers, dagegen sehr heftige Stürme, Gewitter und Regen. Nach diesen Stürmen stieg dann das Barometer in Europa sehr schnell, während es in Bagdad bei zunehmender Wärme eben so schnell sank.

Die starke Depression des Quecksilbers, welche sich in Fällen dieser Art zeigt, ist meistens eine Folge von länger anhaltenden Südwinden, welche einige Zeit das Uebergewicht über die östlichen Winde haben; weit seltener ereignet es sich, daß sie auf dauernde Nordwinde folgt. Wenn bei dem gewöhnlichen Vorgange der Wind sich stürmisch von Süden durch Norden dreht, so geschieht es nicht selten, daß kurz nach dem tiefen Stande ein sehr hoher folgt. Schon L. v. Buch legte auf diesen Umstand ein großes Gewicht. „Ueberhaupt wissen diejenigen wohl, welche das Barometer fleißig beobachten, daß die äußersten Extreme der tiefen und hohen Stände im Winter gewöhnlich gar wenige Tage von einander entfernt sind; und ich glaube bemerkt zu haben, daß vom tiefen zum hohen Stande das Quecksilber schnell hinaufläuft, nicht aber umgekehrt.“ So weit ich Beobachtungen vergleichen habe, zeigte sich mir in den meisten Fällen eine Bestätigung dieses Satzes, welche eine nothwendige Folge aus der von Dove angegebenen Drehung des Windes und dem Einflusse von diesem auf Wärme und Druck der Luft ist. Heftige Niederschläge sind Folge dieser Vermischung beider Ströme; erhält dann der Nordwind das Uebergewicht, so verschwinden die Wolken sehr bald, und mit der Zunahme des Luftdruckes tritt in Folge der lebhaften Wärmestrahlung heftige Kälte ein. Jedoch nur dann, wenn das Steigen des Barometers in der letzten Zeit langsamer erfolgte, dürfen wir auf dauernde Kälte rechnen; war aber das Barometer schnell gestiegen, so fängt es nicht selten bald darauf wieder zu sinken an, aber das Minimum wird in der Regel nicht so tief als das erste.

Wenn das Barometer einen sehr unruhigen Stand hat, wenn es häufig und schnell sinkt und wieder steigt, so müssen wir daraus folgern, daß die Temperatur und der Gang der Witterung auf einem großen Theile der Erde sehr von den gewöhnlichen Verhältnissen abweichen. Läßt sich gleich aus Mangel an Beobachtungen diese Behauptung im Einzelnen nicht nachweisen, so zeigen die vorhandenen Erfahrungen doch die Richtigkeit derselben im Allgemeinen. Ein auffallendes Beispiel zeigt uns das Jahr 1821 und 1822. Um Weihnachten 1821 war in Europa ein so tiefer Barometerstand, als er fast nie beobachtet war. Darauf folgte ein sehr gelinder Winter, in Paris und an anderen Orten

des westlichen Europa waren die Temperaturen des Januar und Februar mehrere Grade höher als im Mittel, während dieser Winter in den Vereinigten Staaten von Nordamerika sehr kalt war. Diese großen Anomalieen zeigten sich aber auch in anderen Gegenden. Das Wasser des Golfstromes zeigte sich im atlantischen Meere in Gegenden, welche bedeutend nordöstlich von denen lagen, in welchen man es gewöhnlich antrifft. Auch in Persien war es nach den Erfahrungen von Fraser ungewöhnlich kalt; und eben diese schneidende Kälte zeigte sich in Africa, so daß in diesem Winter in den Ebenen von Kordofan Schnee gefallen seyn soll, der freilich sogleich schmolz. Darauf folgte ein Sommer, welcher in Paris mehrere Grade wärmer war, als das Mittel, die Menge des im ganzen Jahre herabgefallenen Wassers war etwas kleiner als im Durchschnitt. Aber während in Europa während des Sommers die trockenen Winde das Uebergewicht hatten, herrschten im Hindostan stürmische feuchte Seewinde, und in Bombay fielen $33\frac{1}{2}$ englische Zoll mehr Wasser herab als im Mittel, und auch in Kordofan litt das türkische Meer sehr viel von den Regen.

Etwas Ähnliches zeigen uns die Jahre 1824 und 1825. Die schreckliche Ueberschwemmung des Rheins im Herbst 1824, dann die Sturmfluthen in Petersburg, späterhin in Schleswig und Holstein waren nach den gründlichen Untersuchungen von Munkke und Schübler Folge der vorhergehenden, lange Zeit anhaltenden Stürme aus SW. Dabei war das Barometer allenthalben sehr unruhig, die Regen so häufig, daß besonders im südlichen Deutschland allenthalben, selbst auf Märkten und Straßen, Quellen hervorbrachen. Die Wärme der Wintermonate war dabei größer als im Mittel. Anders dagegen war der Gang schon auf Island. Nach den Beobachtungen von Thorstensen zu Reikiavik zeichnete sich namentlich der December durch eine Kälte aus, welche mehrere Grade tiefer war, als die mittlere, und mehrmals hatte das Barometer hier einen hohen Stand, wenn es in Copenhagen weit tiefer war. Dieses Jahr, welches sich in Europa durch Kälte auszeichnete, war in Hindostan eben so trocken, denn in Bombay war die Regenmenge um 44 Zoll kleiner als die mittlere. Eben so scheinen in Africa um diese Zeit sehr heftige Stürme gewesen zu seyn. Denn als

in der Nacht vom 19. Januar 1825 das englische Schiff *Elope* in einer Entfernung von 200 Lieues von der africanischen Küste zwischen den Parallelen des Gambiaflusses und des grünen Vorgebirges von Norden nach Süden segelte, wurde es mit seinem Sande bedeckt, welchen die östlichen Winde jedenfalls aus Africa herbeigeführt hatten. Im östlichen Africa hatte Rüppell im Februar mehrere heftige Gewitter, ein Ereigniß, welches dort ungewöhnlich schien und bei den Eingebornen große Besorgniß erregte. Eben dieses erlebte um dieselbe Zeit Hey in Ober-Aegypten. Im nächstfolgenden Sommer herrschte in dem ganzen nördlichen tropischen Africa eine große Trockenheit, und der gänzliche Mangel der Milibertretung veranlaßte einen allgemeinen Mißwachs.

Eben diese ungewöhnliche Witterung zeigte sich auf beiden Ufern des großen Oceans. In Californien wehten im Herbst heftige Stürme, eben dieses war der Fall auf den Sandwichs-Inseln und auf den Philippinen. Selbst die Passate erlitten hier sehr bedeutende Störungen mitten auf dem Meere: alles Thatsachen, welche beweisen, daß ein unregelmäßiges Phänomen, welches wir in Europa beobachten, keinesweges isolirt steht, sondern daß diese Aufregung sich auf dem größten Theile der Erde zeigt.

Um diesen Satz, dessen Wichtigkeit ich nicht genug hervorheben kann, noch weiter zu beweisen, will ich noch einige andere Erfahrungen anführen. Bekanntlich war der Winter 1829 bis 1830 einer der kältesten, welcher seit langer Zeit in Europa vorgekommen war, aber dieser Winter war in Nord-America so gelinde, an seiner Nordküste war das Eis nicht sehr bedeutend, und Roß konnte deshalb so weit nach Westen gehen.

Der gelindeste Winter dagegen, welchen wir seit langer Zeit gehabt haben, war 1833 bis 1834, aber heftige Aufregungen gingen diesem Wetter vorher. Schon seit dem Anfange Julius wehten in dem größten Theile von Europa ungewöhnlich viel südwestliche Winde, welche zuweilen eine große Heftigkeit erreichten. Besonders war dieses der Fall am Ende des August und im Anfange des September. Die Zeitungen waren gefüllt mit Nachrichten von Schiffbrüchen, welche sich an den Küsten von England und Frankreich ereignet hatten, und in den Alpen

fielen bei den heftigen Stürmen so ungeheure Schnee- und Regensmassen herab, daß die Bewohner bereits im Anfange des Septemder mit ihren Heerden in die Dörfer zurückkehren mußten. Doch diese Unruhe erstreckte sich weit über die Grenzen von Europa hinaus, denn um dieselbe Zeit wehten heftige Stürme auf den Jungfrau-Inseln im Antillen-Meere, und eben solche erlebten die Russen auf Novaja-Semlja. In Hindostan war die Dürre so groß, daß in allen Kirchen um Regen gebetet wurde und daß später viele Menschen vor Hunger umkamen. Eben dieses war der Fall in Brasilien und Guiana, während in manchen Districten von China große Ueberschwemmungen Statt fanden. Auch die Nilchwelle war sehr unbedeutend. Mehrmals im Laufe des Herbstes wiederholte sich ein heftiger Kampf zwischen südlichen und nördlichen Winden, doch stets behielten die ersten das Uebergewicht und selten nur zeigte die Windrose auf Stunden einen östlichen Wind an. Dieses war besonders der Fall am 18. Decbr. und in der Neujahrsnacht. Dabei fielen in Deutschland so heftige Regen, daß fast alle Flüsse übertraten. Jetzt waren die südwestlichen Winde auf lange Zeit die vorherrschenden, selbst auf dem atlantischen Meere scheinen sie sich bis in die Region der Passate erstreckt zu haben, da die Schiffe eine ungewöhnlich lange Zeit zu ihrer Fahrt von Europa nach Demarara gebrauchten. Das Thermometer sank selten bis zum Gefrierpunkte herab, die Bäume schlugen sogar im Januar an vielen Orten aus, und manche Gewächse blühten den ganzen Winter (ich sah bei Halle manche *Lamium purpureum*, einige *Crepis*-Arten und einzelne Exemplare *Thapsi arvense* den ganzen Winter freudig fortkommen). Aber man schaudert, wenn man die Schilderungen liest, welche Bock in seiner Reise durch die nördlichen Gegenden America's von der Wirkung der fürchterlichen Kälte auf das thierische Leben macht, und eben so war es in den Vereinigten Staaten, selbst in Neu-Orleans war der Anfang des Jahres schneidend kalt, und eben dieses war der Fall in Persien. So dauerte die gelinde Witterung bis zum Frühlinge, jetzt zeigten sich anfanglich einzelne östliche Winde, denen bald heftigere Stürme folgten. Bei diesem Kampfe der See- und Landwinde zeigten sich zwar in Deutschland keine ungewöhnlich hohen oder niedrigen Stände des Barometers, aber das Quecksilber war sehr unruhig und

378 Fünfter Abschnitt. Barometer bei Stürmen.

Character der Witterung, ja wir können sagen, daß, wenn das Barometer oft und schnell sinkt und wieder steigt, dann in der Regel die Witterung auf eine Zeit von ihrem gewöhnlichen Verhalten abweichen werde. Wüßten wir, im Momente der Beobachtung, wie die Witterungsverhältnisse auf der übrigen Erde beschaffen wäre, dann ließe sich mit großer Wahrscheinlichkeit angeben, ob die nun folgende Zeit trocken oder naß, warm oder kalt seyn würde. Da dieses aber dem einzeln stehenden Beobachter nicht möglich ist, so kann er Nichts angeben, was vollkommen naturgemäß ist. Die Schwierigkeit dieser Aufgabe liegt darin, daß wir nicht wissen, ob die Ursache eines ungewöhnlich tiefen Beobachterstandes in großer Kälte America's oder Asiens liegt. Ist ersteres der Fall, so werden die westlichen Winde zu uns feuchte warme Seeluft bringen, während im letztern Falle die östlichen Winde zugleich mit großer Kälte ankommen. Wenn wir jedoch besonders im Anfange des Winters das Barometer und die Windrichtung bei Stürmen aufmerksam verfolgen, so lassen sich einige Vermuthungen darüber aufstellen. Wenn nämlich das Barometer bei südwestlichen Winden stark gesunken war und das Quecksilber sich langsam erhebt, der Wind nach W und höchstens nach NW geht und in dieser Richtung verharrt, so ist dieses ein Beweis vom Uebergewichte westlicher Winde, und die folgende Witterung hat den diesen entsprechenden Character. So war es im Jahre 1833 der Fall. Steigt es dagegen sehr schnell, geht der Wind in kurzer Zeit von SW nach NO und bleibt letzterer hier stehen, wie im Jahre 1829, dann folgt einige Zeit hindurch Kälte.

Sechster Abschnitt.

Electrische Erscheinungen in der Atmosphäre.

Es giebt wohl wenige Menschen, auf welche die Erscheinungen des Gewitters nicht einen lebhaften Eindruck machen; Gebildete so wie Ungebildete bewundern theils diesen Vorgang, theils sehen sie ihn mit Furcht und Scheu an. Die Völker, welche die Euröper in den letzten Jahrhunderten kennen gelernt haben, sahen fast allgemein diese Erscheinung als die Wirkung eines mächtigen übernatürlichen Wesens an, welches den Menschen seinen Zorn verkünden wollte, und ähnliche Vorstellungen finden wir in den Schriften der ältesten Völker. Deshalb wird Jupiter als der oberste der Götter angesehen, und auch in der Bibel wird das Gewitter die zürnende Stimme des Herrn genannt. Zwar erhoben sich einzelne Philosophen des Alterthumes gegen diese Ansicht, aber der Volksglaube blieb, gerade so wie zu unseren Zeiten auf Kanzeln noch wohl Predigten gehalten werden, welche das Einschlagen des Blitzes in ein Haus als eine Strafe für die Bewohner verkünden. Die Ansichten einiger alten Philosophen, nach denen der Blitz aus Ausdünstungen bestehen sollte, welche sich von der Erde erheben, fanden indessen bei vielen Gebildeten Eingang, und wenn gleich Aristophanes in seinen Wolken dieselben auf eine geistreiche Weise verspottete, so verlor sich die Furcht vor den Göttern immer mehr, zumal als späterhin die Lehre Epicur's sich weiter verbreitete. Die Entsehung der Gewitter aus Dünsten war auch die herrschende Ansicht nach dem Wiederaufleben der Wissenschaften, es sollten Erscheinungen seyn,

ähnlich denen einer abgeschossenen Kanone, und Salpeter und Schwefel, die Bestandtheile des Pulvers, sich in der Atmosphäre befinden. Nachdem indessen Otto v. Guericke in der zweiten Hälfte des 17ten Jahrhunderts den electrischen Funken und das Knistern beim Ueberspringen desselben bemerkt hatte, wurde man auf richtigere Vermuthungen geführt. Wall, welcher die Funken weit stärker erhielt als Guericke, verglich den Vorgang mit Blitz und Donner *).

Die Physiker jener Zeiten beschäftigten sich vorzugsweise mit den Gesetzen der Mechanik, und die Lehre von der Electricität ward weniger bearbeitet. Als indessen im Jahre 1746 die Leidener Flasche aufgefunden war und die mächtigen Wirkungen der Electricität mehr erkannt wurden, gingen die Naturforscher in ihren Folgerungen weiter. Besonders klar sprach sich in dieser Hinsicht Nollet aus, welcher vielleicht durch einige Bemerkungen von Pacard, einem Bewohner des Chamounithales, der an seinen Vorlesungen in Paris Theil nahm, darauf aufmerksam gemacht wurde. „Wenn Jemand, so lauten seine Worte, durch eine consequente Vergleichung der Erscheinungen zu beweisen suchte, daß der Donner in den Händen der Natur dasselbe ist, als die Electricität in den unsrigen; daß eben diese wunderbaren Erscheinungen, welche wir gegenwärtig ganz nach Willkühr hervorbringen können, nur kleine Nachahmungen jener großen, von uns gefürchteten Vorgänge sind, und daß alles von demselben Mechanismus abhängt; wenn man zeigte, daß eine Wolke, welche durch Einwirkung der Winde, Wärme, Mischung von Dünsten u. s. w. zugerichtet ist, in Gegenwart eines terrestrischen Gegenstandes weiter nichts ist, als ein electrischer Körper in der Nähe eines nicht electrischen, so würde mir diese

*) In meinem Lehrbuche II, 390. habe ich nach Caussure's Autorität gesagt, daß Gilbert zuerst die electrische Natur des Gewitters vermuthet habe. Obgleich mir Gilbert's Werk über den Magnetismus nicht zu Gebote steht, um diese Behauptung zu prüfen, so bezweifle ich doch ihre Richtigkeit. Denn Priestley in seiner Geschichte der Electricität erwähnt ungeachtet einer ausführlichen Relation von Gilbert's Versuchen nichts davon, und er hebt ausdrücklich hervor, daß der später lebende Boyle nichts von electrischem Lichte gewußt, sondern daß dieses zuerst Guericke bemerkt habe.

Idee, falls sie gut durchgeführt würde, wohl gefallen. Und wie viel wichtige Gründe zur Behauptung dieser Ansicht bieten sich demjenigen dar, welcher die Gesetze der Electricität kennt? Die allgemeine Verbreitung der electrischen Materie, die Schnelligkeit ihrer Wirkung, ihre Entzündbarkeit und ihre Fähigkeit andere Körper zu entzünden, ihr Vermögen Körper im Innern und Aeußern bis in die kleinsten Theile zu erschüttern, die das auffallende Beispiel dieser Art in der Leidener Flasche, die Vorstellung, daß wir hier nur eine größere Stärke der Electricität annehmen dürfen u. s. w. Alle diese Analogieen, mit denen ich mich seit einiger Zeit beschäftige, bringen mich zu der Ueberzeugung, daß man bei Anwendung der Gesetze der Electricität Hypothesen über das Gewitter aufstellen könnte, welche weit vernünftiger und wahrscheinlicher als die bisher vorgetragenen wären."

Was Nollet, Winkler und andere Physiker als Vermuthung aussprachen, wurde bald darauf von Dalibart, Franklin und Anderen durch die Erfahrung erwiesen. Nicht bloß bei Gewittern zeigte sich eine starke Electricität, sondern dieses geschah fast bei jedem Regen, ja sogar bei heiterem Himmel wurde eine schwache Electricität gefunden. Vielfach wurden die Versuche wiederholt, aber erst als Richmann bei Anstellung derselben vom Blitze erschlagen wurde, sah man sich genöthigt, größere Vorsicht bei der Construction der Apparate anzuwenden. Um die Einrichtung derselben so wie das Wesen der electrischen Phänomene genauer zu beschreiben, scheint es mir zweckmäßiger, an einige der wichtigsten Thatsachen in der Electricitätslehre zu erinnern.

Electrische Anziehung und Abstoßung.

Die Eigenschaften der durch Reibung entwickelten Electricität lassen sich bei harzigen und glasartigen Körpern mit Leichtigkeit erkennen. Wird Siegellack an Tuch, Glas an demselben oder noch besser als einem mit Spiegelfolie oder einem andern Quecksilberamalgame bestrichenen Leder gerieben, so werden leichte Körper, wie Haare, Federfasern u. s. w. schon aus einiger Ferne angezogen. Um jedoch die abstoßende Kraft der Electricität kennen zu lernen, ist es vortheilhaft, ein leichtes Kügelchen

von Kork, noch besser von Hollunder- oder Weidenmark an einem einfachen Coconfaden, und das obere Ende des letztern an einem Stäbchen Siegellack zu befestigen. Seide, Harz, Glas und andere Körper, welche beim Reiben mit Leichtigkeit Electricität entwickeln, halten nämlich die letzteren mit großer Kraft auf ihrer Oberfläche zurück, während Metalle, Wasser, feuchte Körper u. s. w. derselben einen leichten Ausgang gewähren. Diese letztere Klasse von Körpern heißt daher Leiter, die erstere Nichtleiter oder Isolatoren der Electricität.

Hängen wir auf die erwähnte Art ein Kügelchen an einem einfachen Coconfaden auf, so bewegt es sich mit großer Lebhaftigkeit gegen eine geriebene Stange Siegellack, entfernt sich aber nach kurzer Berührung von derselben und flieht dieselbe bei der Annäherung. Ganz dasselbe wäre erfolgt, wenn wir Glas statt des Siegellacks genommen hätten und wir müssen daraus folgern, daß Körper, welche sich gegenseitig durch Berührung electrificirt haben, sich gegenseitig abstoßen. Eben dieses geschieht bei solchen Körpern, welche Electricität aus derselben Quelle erhalten haben. Man befestige zwei recht glatte und biegsame Zwirnfäden dicht neben einander an einer Stange Siegellack und an dem Ende eines jeden von ihnen ein kleines Korkkügelchen; berühren sich beide in ihrem natürlichen Zustande, so entfernen sie sich sogleich von einander, wenn sie mit einer Stange Siegellack in Verbindung gesetzt werden, und fallen wieder zusammen, wenn man sie mit dem Finger berührt, indem nun die ihnen vom Siegellack mitgetheilte Electricität durch den Körper in den Erdboden geleitet wird.

Bei diesen Versuchen zeigt sich noch eine andere wichtige Verschiedenheit. Ist nämlich das Kügelchen mit dem Siegellack in Berührung gewesen und von diesem abgestoßen, so entfernt es sich nicht nur nicht von einem geriebenen Glase, sondern es bewegt sich gegen letzteres sogar lebhafter, als wenn es vorher nicht das Siegellack berührt hätte, entfernt sich dann aber vom Glase und wird nur von Siegellack angezogen. Ganz dasselbe wäre erfolgt, wenn wir den Versuch in umgekehrter Ordnung gemacht hätten. Welche electrifirte Körper wir auch gegen ein solches Kügelchen, das ~~war~~ durch Berührung mit Siegellack oder Glas electrificirt war, halten mögen, stets wird es von einigen ange-

zogen, von andern abgestoßen; dabei aber zeigt sich das Geseß, daß diejenigen Körper, welche das durch Siegellack electrifirte Kügelchen abstoßen, das durch Glas electrifirte anziehen, und umgekehrt.

Stimmen also auch gleich die Electricitäten des Glases und Harzes in sofern mit einander überein, daß sie leicht bewegliche Körper anziehen und dann abstoßen, so nöthigt uns doch die so eben mitgetheilte Thatfache, zwei verschiedene Arten von Electricität anzunehmen, die so beschaffen sind, daß die eine dasjenige anzieht, was die andere abstößt. Welchen Körper wir auch durch Reiben electrificiren mögen, stets zeigt sich eine von ihnen. Ueber das Wesen dieser Verschiedenheit sind mehrere Hypothesen aufgestellt worden, unter denen zwei vorzüglich den Beifall der Naturforscher erlangt haben. Nach der einen giebt es zwei völlig verschiedene Electricitäten, welche wir uns unter dem Bilde von Flüssigkeiten vorstellen können. Die eine derselben findet sich im flüssigen Glase und heißt Glas-Electricität, die andere im geriebenen Harze und heißt Harz-Electricität. In jedem unelectrificirten Körper sind beide in jedem Theilchen in gleicher Menge vorhanden, sie ziehen sich gegenseitig mit großer Kraft an und zeigen keine Wirkung nach außen (d. h. sie binden sich), indem die eine Electricität das abstößt, was die andere anzieht. Werden indessen zwei geeignete Körper an einander gerieben, so findet eine Trennung dieser Flüssigkeiten Statt, die eine ist in größerer Menge in dem einen, die andere in dem zweiten Körper, sie können frei nach außen wirken; sind reibender und geriebener Körper isolirt, d. h. an der Verbindung mit dem Boden verhindert, wie z. B. bei einer Electrificationsmaschine, so zeigt die Erfahrung auch stets, daß einer der beiden Körper Glas-, der andere Harz-Electricität aufnimmt.

Nach einer zweiten Ansicht, welche von Franklin entwickelt wurde, giebt es nur ein einziges electrisches Fluidum; jeder Naturkörper hat davon eine gewisse Menge, und wenn er dieselbe besitzt, so befindet er sich in seinem natürlichen Zustande. Dieser wird durch den Prozeß des Reibens aufgehoben, indem der eine der beiden Körper dem andern etwas von dieser ihm zukommenden Menge nimmt. Jener hat also einen Ueberschuß, dieser einen Mangel an Electricität, oder wie man sehr häufig

sagt, jener habe positive, dieser negative Electricität, wofür wir in der Folge stets die kurzen Bezeichnungen $+E$ und $-E$ nehmen wollen.

Ob wir uns genöthigt sehen, zwei völlig verschiedene Flüssigkeiten anzunehmen oder ob beide sich nur durch die Menge von der natürlichen Electricität in den Körpern unterscheiden, läßt sich auf dem Wege der Erfahrung nicht beweisen. Die beobachteten Phänomene lassen sich mit derselben Einfachheit aus jeder dieser Ansichten ableiten, und jede Discussion über den Werth der einen oder der andern dieser Ansichten scheint zuletzt in einen Wortstreit auszuarten. Ohne diese Untersuchung hier weiter zu verfolgen, möge nur noch die Bemerkung genügen, daß sich beide Electricitäten sehr leicht unterscheiden lassen. Hat man dem mehrfach erwähnten Korkkügelchen Electricität aus einer Quelle mitgetheilt, so näherte man ihm eine geriebene Stange Siegellack; wird es abgestoßen, so hatte der Körper $-E$; wird es angezogen, so hatte er $+E$; doch ist im Falle der Anziehung sicherer, den Versuch mit geriebenem Glase zu wiederholen und zu sehen, ob eine Abstoßung Statt findet.

Electrisirung durch Vertheilung.

So wie das mehrfach erwähnte Korkkügelchen können auch andere isolirte Leiter durch unmittelbare Berührung des electrisirten Körpers, d. h. durch Mittheilung, electrifizirt werden. Es giebt aber noch ein anderes wirksames Mittel, um den natürlichen Zustand isolirter Leiter aufzuheben. Hat letzterer etwa die Gestalt eines Cylinders, ist er z. B. ein mit Stanniol oder Silberpapier beklebter Stab, und hält man in der Entfernung mehrerer Zolle einen geriebenen Glasstab gegen ihn, so giebt er so gleich an beiden Seiten unzweideutige Zeichen von Electricität, welche desto stärker werden, je näher wir den Glasstab bringen, welche aber gänzlich verschwinden, wenn wir letztern entfernen. Wenn wir in dem angegebenen Falle bei Anwendung von geriebenem Glase (also $+E$) den Cylinders näher untersuchen, so finden wir auf dem gegen das Glas gerichteten Ende $-E$; diese nimmt schnell ab, etwa in der Mitte zeigt sich keine Spur von Electricität, dann aber finden wir gegen das entferntere Ende $+E$, welche nach und nach stärker werdend, am Ende selbst

den größten Werth erreicht. Bei Anwendung von geriebenem Harze ($-E$) hätte sich dasselbe gezeigt, aber der Cylinders hätte an dem gegen das Siegellack gerichteten Ende $+E$, an dem entferntern $-E$ gehabt. Dieser Vorgang, der sich zwischen den Wolken unendlich häufig ereignet, ist eine Folge aus demjenigen, was vorher über das Wesen der Electricität gesagt wurde. In jedem Theilchen des Cylinders sind nämlich beide Electricitäten in gleicher Menge vorhanden; so wie wir aber eine geriebene Glasstange in die Nähe bringen, so hebt ihr $+E$ den natürlichen Zustand auf, sie zieht die $-E$ an, und diese befindet sich am zunächst liegenden Ende, während die von ihr abgestoßene $+E$ am entferntern angehäuft wird. So wie aber der Glasstab entfernt wird, vereinigen sich die beiden Electricitäten des Cylinders wieder.

Ganz dasselbe wäre erfolgt, wenn wir statt des Glases eine isolirte und durch Mittheilung electrifizierte Metallkugel genommen hätten. In diesem Falle aber zeigen genaue Messungen über die Stärke der E eine andere wichtige Verschiedenheit. Befindet sich nämlich diese Kugel in einem größern Raume fern von Leitern, so hat sie auf jeder Stelle ihrer Oberfläche genau dieselbe Stärke der Electricität. So wie wir jedoch den Cylinders in die Nähe bringen, verschwindet diese Gleichheit; die E ist nämlich auf der gegen den Cylinders gerichteten Seite weit stärker als vorher, und nimmt von hier nach allen Richtungen ab; diese Verstärkung selbst wird desto größer, je näher Cylinders und Kugel sich an einander befinden, und hat ihren Grund darin, daß die Electricität der Kugel, welche die entgegengesetzte des Cylinders anzieht, umgekehrt von dieser angezogen und also auf der gegen ihn gerichteten Seite in größerer Menge angehäuft wird.

Wenn wir in dem zuletzt gedachten Falle Kugel und Cylinders der in derselben Stellung lassen, dann aber das von der Kugel entferntere Ende des letztern mit dem Erdboden in Berührung setzen, so erhält die Kugel auf der gegen den Cylinders gerichteten Seite eine noch größere Menge von E und eben so nimmt die Stärke der letztern auf dem gegen die Kugel gerichteten Ende zu. Heben wir jetzt die Verbindung des Cylinders mit dem Boden auf, so können wir der Kugel alle ihre Electricität nehmen, der Cylinders hat auf seiner ganzen Oberfläche die des gegen die Kugel

gerichteten Endes. Hatte die Kugel $+E$, so zogen sich diese und die $-E$ am zunächst liegenden Ende des Cylinders zwar mit großer Kraft an, aber diese Anziehung ward dadurch geschwächt, daß die $+E$ am entfernten Ende die $-E$ des Cylinders anzog, dagegen die $+E$ der Kugel abfiel. So wie dies entfernte Ende mit dem Boden durch einen Leiter verbunden wurde, so ging diese hindernde $+E$ in den Boden; $+E$ der Kugel und $-E$ des Cylinders konnten nun mit größerer Kraft auf einander wirken. Wurde die $+E$ der Kugel entfernt, so blieb die $-E$ des Cylinders auf seiner Oberfläche, weil die $+E$ in den Boden abgeleitet war.

Der beschriebene Vorgang zeigt sich stets, welche Gestalt auch die beiden Körper haben mögen. Nehmen wir z. B. zwei gleich große Metallscheiben und hängen diese in einiger Entfernung über einander auf, setzen die untere mit dem Boden, die obere mit einer Electricitätsquelle in Verbindung, so erhält die untere auf ihrer obern Seite eine starke Electricität, welche der der oberen entgegengesetzt ist. Dieser Versuch zeigt uns die Möglichkeit, in einem Leiter nicht bloß eine große Menge von Electricität anzuhäufen, sondern diese darin auch lange zurückzuhalten. Ueberlassen wir nämlich einen isolirten Leiter sich selbst, so finden wir, daß die ihm mitgetheilte E immer schwächer wird und nach einiger Zeit ganz verschwindet, desto schneller, je feuchter die Luft ist und je niedriger das Barometer steht. Trockene Luft nämlich ist ein guter Isolator, aber die große Beweglichkeit ihrer Theile schwächt diese Eigenschaft im hohen Grade. Der electrifirte Körper nämlich zieht ein Lufttheilchen an, electrifirt es und stößt es dann ab, wobei natürlich ein Theil seiner Electricität fortgeht. Durch Wiederholung dieses Vorganges kehren sie allmählig in den natürlichen Zustand zurück. Noch mehr ist dieses der Fall, wenn die Luft feucht ist, da Wasserdämpfe theils die Electricität leiten, theils dadurch schädlich werden, daß sie eine feuchte leitende Schicht auf der Oberfläche der Isolatoren bilden. Aus demselben Grunde kann ein Leiter aus einer beständig fortwirkenden Quelle nur eine bestimmte Menge von Electricität aufnehmen. Drehen wir z. B. die Scheibe einer Electrificationsmaschine, so nimmt die Menge von E sehr schnell auf dem damit verbundenen Leiter zu, aber in kurzer Zeit erreicht sie ihren größten Werth, und

wenn die Maschine auch fortgedreht wird, so zeigt sich keine Spur von Zunahme. In diesem Falle nämlich geht durch Zerstreuung in die Luft in jedem Momente eben so viel E verloren, als der Leiter von der Maschine erhält.

Die durch Vertheilung hervorgerufenen Phänomene verhindern diese schnelle Zerstreuung. Wenn wir z. B. den vorhin erwähnten Versuch mit den über einander gehängten Platten anstellen, so wirkt die $+E$ der einen auf die $-E$ der andern mit einer solchen Kraft, daß die Wirkung auf die Lufttheilchen kleiner wird und die Zerstreuung also weit langsamer erfolgt. Wenn wir ferner die Electricität einer solchen mit der Maschine verbundenen Platte bis zu ihrem größten Werthe bringen, sodann die zweite Platte einige Zeit darunter halten und nun nach Entfernung der untern die Stärke der Electricität aufs Neue messen, so zeigt sich ebenfalls eine bedeutend größere Menge. Sie wurde durch Anwesenheit der untern Platte gebunden, d. h. an ihrer Wirkung nach außen verhindert, that dieses aber sogleich wieder nach Entfernung derselben.

Die eben betrachteten Phänomene zeigen sich stets in der Atmosphäre. Hat eine Wolke eine sehr starke E , so wirkt sie durch Vertheilung nicht bloß auf entfernte Wolken, sondern auch der Boden erhält auf seiner Oberfläche eine Electricität, welche der der Wolke entgegengesetzt ist. Zugleich aber werden uns dieselben dadurch wichtig, daß auf ihnen alle diejenigen Apparate beruhen, deren wir uns zur Erforschung der Luotelectricität bedienen. Der Vorgang selbst zeigt sich nämlich nicht bloß bei Anwendung einer Luftmasse zwischen den beiden Körpern, sondern Glas, Harze und überhaupt alle isolirende Körper leisten dieselben Dienste. Die trennende Schicht muß indessen bei diesen gut isolirenden Körpern weit dünner seyn, als bei der Luft, und die durch Vertheilung hervorgerufene entgegengesetzte Electricität wird desto stärker, je dünner dieser Isolator ist. Ein Beispiel von der Benutzung dieser Eigenschaft zur Anhäufung einer starken Electricität in Leitern bei Anwendung fester Isolatoren liefert die bekannte Leidener Flasche.

Electrometer.

Um die Stärke der Electricität zu messen, bedient man sich der Electrometer. Der vorher erwähnte Apparat mit zwei Korfkügelchen, welche neben einander an Zwirnfäden hängen, liefert uns den einfachsten Apparat dieser Art, indem die beiden Fäden desto weiter aus einander gehen, je stärker die ihnen mitgetheilte Electricität ist. Eben diese Divergenz wird auch bei den übrigen vollkommneren Instrumenten zur Messung der Stärke benutzt. Zu unserm Zwecke scheint mir das von Volta construirte Strohhalmelectrometer am besten. Ein Metalldraht wird an seinem untern Ende breit geschlagen und hier zwei feine Löcher mit möglich scharfen Rändern gebohrt. In jedes dieser Löcher wird ein ringförmig gebogener feiner Draht gehängt und dessen anderes Ende in zwei Zoll lange feine Halme eines Grases gesteckt. Es ist wohl dazu die dünnen Halme mancher Arten von Poa oder Agrostis zu nehmen. Um die Störungen von Luftströmungen auf diese Pendel zu vermeiden, werden sie in einem Glase aufgehängt, aus welchem nur das obere Ende des Metalldrahtes hervorragt. So wie diesem Ende Electricität mitgetheilt wird, gehen die Strohhalme aus einander. Um diese Divergenz zu beobachten, wird an dem Glase eine Scale angebracht, die zwar im Allgemeinen gleichgültig ist, aber von Volta so eingerichtet wurde, daß je zwei Theilstriche derselben eine halbe Linie von einander entfernt waren. Zu einer starken Electricität, wie sie sich häufig bei Gewittern zeigt, eignet sich dieses Instrument weniger; man muß daher noch ein zweites vorfertigen, in welchem statt der Grasshalme dünne Holzstäbchen genommen werden, zu deren Divergenz eine weit stärkere Electricität erforderlich ist. Um dann die Angaben eines dieser Instrumente auf die des andern zu reduciren, werden sie durch einen Draht verbunden, und wenn ihnen verschiedene Mengen von E mitgetheilt werden, beobachtet man die gleichzeitigen Angaben beider und kann durch Versuche dieser Art bestimmen, wie viel Grade des empfindlichern Electrometers einem Grade des weniger empfindlichen entsprechen.

Um damit die E der Luft und namentlich der Wolken kennen zu lernen, wendete Franklin zuerst mit Erfolg den electri-

schen Drachen an. Ein Papierdrache, wie ihn die Kinder aufsteigen lassen, wurde an einem nassen Bindfaden oder an einer mit einem feinen Drahte durchflochtenen Schnur befestigt; in den Wolken angekommen, wurde die E von diesen zum Electrometer geleitet. Der Versuch ist im hohen Grade gefährlich. Am zweckmäßigsten ist die Benutzung isolirter Leiter, die man entweder auf dem Dache eines Hauses befestigt oder auf einen Glasstab setzt und deren electrischer Zustand dann vermittelt des Electrometers geprüft wird. Nach Volta eignet sich hiezu am zweckmäßigsten ein etwa 6 Fuß langer Draht, den man des bequemern Transportes wegen aus mehreren Stücken zusammenquern kann. Wird ein solcher Draht vertical in die Höhe geschraubt, und ist darüber eine etwa positiv-electrische Wolke, so erhält er durch Vertheilung an seinem obern Ende — E, an seinem untern Ende + E; um die Stärke der E an dem einen Ende zu prüfen, kann man mit Coulomb und Anderen die E des untern Endes ableiten und den Zustand einer am obern Ende befestigten kleinen Kugel untersuchen. Dann aber ist die E, welche man am Electrometer findet, stets die entgegengesetzte von der der Luft. Zweckmäßiger ist es aber, das obere Ende des Drahtes mit einer feinen Spitze zu versehen; wegen der Leichtigkeit, mit welcher die Electricität aus einer Spitze ausströmt, geht die der Wolke entgegengesetzte Electricität nach oben, und es bleibt die gleichartige am untern Ende übrig. Noch mehr als eine feine Spitze begünstigt die Flamme und der von ihr hervorgebrachte heiße Luftstrom dieses Ausströmen, und wenn man eine solche auf den obern Theil des Drahtes setzt, erhält man unter denselben Umständen eine weit stärkere Electricität, als bei Anwendung einer bloßen Spitze. Man kann deshalb eine kleine Weingeistlampe oder einen Schwefelfaden auf dem obern Theile des Drahtes befestigen, noch zweckmäßiger finde ich Feuerschwamm, welchen ich in schmale, mehrere Zoll lange Streifen schneide und durch welche ich die Spitze des Drahtes mehrmals hindurchstecke, wobei dann nur dafür zu sorgen ist, daß man den Streifen nach und nach etwas in die Höhe schiebt, wenn sein oberes Ende fortbrennt. Hier hat man am untern Ende stets die Electricität der höher liegenden Luftschichten; um ihre Art zu prüfen, muß man gegen das Electrometer eine geriebene Stange

Siegellack halten. Fallen seine Pendel bei der Annäherung der letztern zusammen, so ist die Electricität positiv, gehen sie weiter aus einander, so ist sie negativ. Zweckmäßiger ist bei dieser Prüfung das Electrometer von Bohnenberger, welches ich fast stets benutze, seine Angaben sind sicherer und der Versuch läßt sich schneller anstellen, was besonders zur Zeit von Gewittern wünschenswerth ist. Die Beschreibung dieses Apparates würde indessen hier zu viel Raum wegnehmen und befindet sich außerdem in den meisten Lehrbüchern der Physik.

Wenn man auf freiem Felde, namentlich auf der Spitze von Erhöhungen oder auf dem Dache hochliegender Gebäude, Versuche dieser Art macht, so erhält man fast stets Anzeigen von Electricität in der Atmosphäre. Macht man aber den Versuch auf weniger frei liegenden Punkten, dann leiten die Umgebungen die Electricität in so großer Menge ab, daß man nur selten Anzeigen davon erhält. In diesem Falle wendet man den von Volta construirten Condensator der Electricität an. Auf den vorher erwähnten Draht, an welchem die Strohhalme des Electrometers hängen, wird eine runde Messingplatte von etwa 2 bis 3 Zoll Durchmesser gesetzt, auf ihrer obern Fläche sorgfältig abgeschliffen und hier mit einer dünnen Lage von Bernsteinsirniß bestrichen. Eine zweite eben so große Platte wird auf ihrer untern Fläche mit eben diesem Firniß überzogen, während sie auf ihrer obern ein Glasstäbchen hat, vermittelst dessen man sie anfassen kann. Gesezt nun, die Luft hätte eine sehr schwache positive Electricität, so vermöchte diese nicht, die Pendel des Electrometers von einander zu entfernen, weil in einem gegebenen Zeitraume so viel durch Zerstreuung verloren geht, als die Atmosphäre dem Electrometer mittheilt. Setzen wir aber nun die obere Platte darauf, verbinden ihre obere Seite mit dem Boden, so erhält sie auf ihrer untern Seite $-E$, welche die $+E$ des Electrometers bindet, dieses nimmt daher eine neue Menge auf; und wenn man nun nach einiger Zeit zuerst den einsaugenden Draht vom Electrometer entfernt, dann die obere Platte abhebt, so wird man eine vielfach stärkere Divergenz der Pendel finden.

Volta hat in seinen meteorologischen Briefen dieses Verfahren ausführlich beschrieben. Colladon aber zeigte, daß

man mit Erfolg auch die durch electricische Ströme erzeugte Ablenkung der Magnethädel bei dieser Untersuchung benutzen könnte, und nach den wenigen Versuchen, die ich auf diese Art mittelst eines wenig vollkommenen Apparates gemacht habe, scheint dieses Verfahren den bisher beschriebenen in vieler Hinsicht vorzuziehen, wenigstens dann, wenn man stets an demselben Stand beobachtet und einem Theile des Apparates einen festen Stand giebt. Peltier hat zuerst einen genauen Apparat dieser Art construirt, welchen Becquerel in seinem Werke über Electricität ausführlich beschreibt.

Ursache der Luftpolelectricität.

Raum waren die Versuche über die electricische Natur des Gewitters bekannt, so fand man sehr bald, daß fast jeder Niederschlag von Wasser mit Electricität verbunden wäre, ja es zeigte sich sogar eine starke E bei völlig heissem Himmel, und die nächste Frage war: woher entsteht dieselbe? Da zu jener Zeit die Reibung das einzig bekannte Mittel war, durch welche E hervorgebracht werden konnte, so glaubten Mehrere, die E der Atmosphäre entsände durch Reibung von Luftmassen an einander. Obgleich spätere Physiker viele Einwürfe dagegen erhoben haben, so scheint mir doch dieser Umstand nicht ganz unwirksam zu seyn. Werden Isolatoren, wie Seidenzeug u. s. w., schnell durch die Luft bewegt, so entsteht durch Reibung an letzterer E , und es scheint mir nicht unwahrscheinlich, daß sich etwas Ähnliches ereigne, wenn sich Luftmassen selbst an einander reiben. Freilich eigne, wenn sich Luftmassen selbst u. s. w. von ihnen gleich sind, wenn Temperatur, Feuchtigkeit u. s. w. so wie zwei völlig gleiche Stücke von Siegellack an einander gerieben, keine Spur davon zeigen. So wie aber das eine der letztern wärmer ist, als das andere, so erhält beim Reiben der kältere $+E$, der wärmere $-E$, ein Temperatureinfluß, der sich stets auf dieselbe Art wiederholt, wenn wir ungleich warme, sonst aber gleichartige Körper an einander reiben. Darnach würden also die oberen und kälteren Luftmassen dann, wenn sie über die tiefer liegenden wegstreichen, $+E$ erhalten.

Bei weitem wirksamer sind die chemischen Prozesse, welche unaufhörlich in der Atmosphäre vorgehen, und unter diesen steht

die Verdunstung oben an. Zuerst zeigte Volta, daß durch Umbildung des Wassers in Dampf E entwickelt werde, und bald darauf bestätigte Caussure diese Behauptung. Aber erst durch die mühsameren Untersuchungen von Pouillet haben wir das wahre Wesen dieses Processes kennen gelernt. Nicht die bloße Verdunstung ist Ursache von Entwicklung von E , diese zeigt sich nur dann, wenn damit zugleich chemische Prozesse verbunden sind. Verdunstet chemisch reines Wasser aus Gefäßen von Platin, so zeigt sich keine Spur von E ; so wie wir aber dem Wasser kleine Mengen von Salzen, Säuren u. s. w. zufügen, so tritt diese sogleich auf, wenn der Dampf entweicht und sich dabei von den Körpern trennt, mit denen das Wasser verbunden war. Dabei haben die entweichenden Dämpfe $+E$, das Gefäß dagegen hat $-E$. Da nun unaufhörlich von dem verdunsteten Dämpfe in die Höhe steigen, alles Wasser auf der Oberfläche der Erde aber mit andern Stoffen verbunden ist, so müssen diese Dämpfe mit $+E$ in die Höhe steigen, während der Boden $-E$ behält.

Nicht minder wirksam ist der Verbrennungsprozeß. Wenn Kohle verbrennt, so steigt von ihr ein Strom von Kohlensäure in die Höhe, welche $+E$ hat, während die Kohle selbst $-E$ behält, es muß sich demnach in Folge der vielen Verbrennungsprozesse auf der Oberfläche der Erde eine bedeutende Menge $+E$ in der Atmosphäre befinden. Eben dahin wirkt der Vegetationsprozeß. Wenn Pflanzen keimen, dann geht die aus ihnen entstandene Kohlensäure ebenfalls mit $+E$ fort, während die Gefäße, in denen sie sich befinden, $-E$ haben, und etwas Ähnliches zeigt sich wahrscheinlich durch das ganze Pflanzenleben hindurch, so daß das ganze Wachsthum derselben Quelle von starker Electricität in der Atmosphäre wird.

Electrisches Licht.

Wenn die beiden entgegengesetzten Electricitäten sich mit einander vereinigen und sich dabei durch einen schlecht leitenden Körper bewegen, so entsteht bei hinreichender Stärke von ihnen ein Funke. Diesen bemerkt man schon bei einer stark geriebenen Stange Siegellack im Finstern, wenn man ihr den Finger nähert, noch mehr bei der Electrifirmaschine und anderen Apparaten,

welche zu Versuchen mit starker Electricität dienen. Durchbricht dieser Funke die Luft, so hört man einen knisternden Laut, welcher im Allgemeinen desto stärker wird, je lebhafter der Funke war.

Ohne hier näher auf das Wesen dieses Funkens einzugehen und die Ursache anzugeben, weshalb die Körper, durch welche er hindurchgeht, mehr oder weniger stark erhitzt werden, will ich nur einige Umstände anführen, welche man schon bei unseren kleinen Versuchen, noch mehr aber bei dem Blitze bemerkt. Je intensiver nämlich die E ist, oder je größer die Menge von ihr ist, welche in einer kurzen Zeit durch die Luft geht, desto weißer und blendender wird das Licht. Das Licht, welches aus stumpfen Spigen am Leiter der Maschine ausströmt, ist röthlich oder violett, nur in der Nähe der Spitze, wo es noch dichter ist, wird es weißer, dagegen der Funke bei Entladung einer Leidener Flasche ist blendend weiß. Noch auffallender wird dieses unter dem Recipienten der Luftpumpe. Befestigen wir hier zwei Körper, zwischen denen Funken überspringen, so sind diese in Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit weiß; so wie aber die Luft verdünnt wird, breitet sich das Licht mehr aus, aber zugleich geht seine weiße Farbe in Violett über. Sind die Gewitterwolken in der Nähe der Erde, so ist der Blitz blendend weiß; dagegen bei einigen Gewittern, denen anderweitigen Beobachtungen zufolge eine sehr bedeutende Höhe zugeschrieben werden mußte, habe ich öfter röthliche oder violette Blitze bemerkt.

Wenn die Electricitäten, die sich vereinigen, stark sind, so geht der Funke nicht immer in gerader Linie; bei schwach wirkenden Maschinen sieht man schon, wie er häufig zickzackförmig sich schnell bewegt. Dabei zeigt sich nicht selten eine Theilung in mehrere Aeste. Befestigt man am Leiter einer Maschine eine kleine Kugel und hält gegen diese in einiger Entfernung die flache Hand, so kommen zu dieser oft mehrere ästige Strahlen. Kleine Verschiedenheiten in der Beschaffenheit der Luft, Staubtheilchen, welche sich in der Bahn des Strahles befinden, sind wahrscheinlich Ursache dieser Verästelung. Ähnliches zeigen auch Blitze, besonders bei starken Gewittern.

Electricität bei heiterm Himmel.

Wenn der Himmel heiter ist und sich in der Nähe keine Regen- oder Gewitterwolken befinden, so findet man auf einem freien Standpunkte mit hinreichend empfindlichen Instrumenten fast stets positive Electricität; nur dann, wenn in der Ferne heftige Gewitter sind, kann dieselbe in seltenen Fällen schwach negativ werden. Diese positive Electricität zeigt aber in Betreff ihrer Stärke viele Schwankungen. Vorbeiziehende Wolken, schwache Windstöße ändern dieselbe in Zeit weniger Secunden ab; die Umstände dieser Aenderungen sind aber noch nicht hinreichend durch Versuche erforscht. Wenn man indessen diese Messungen zu bestimmten Stunden regelmäßig wiederholt und dann das Mittel für die einzelnen Stunden aufsucht, so erkennt man bei heiterm Wetter in unseren Gegenden eine ziemlich regelmäßige Periode, über welche Saussure und Schübler eine Reihe von Messungen angestellt haben.

Bei Sonnenaufgang ist die atmosphärische Electricität schwach; sie fängt langsam zu wachsen an, wenn die Sonne höher steigt, während sich gewöhnlich gleichzeitig die in den tieferen Luftschichten schwebenden Dünste vermehren. Dieses Steigen dauert im Sommer etwa bis 6 oder 7 Uhr, im Frühlinge und Herbst bis 8 oder 9 Uhr, im Winter bis gegen 10 oder 12 Uhr. Nach und nach erreicht die Spannung ihr Maximum; gleichzeitig sind die unteren Luftschichten oft sehr dunstig, die Luft nimmt an Feuchtigkeit zu, und der Druck der Dampfatmosphäre ist größer als am Morgen, in der kältern Jahreszeit tritt oft ein früher Nebel ein. Gewöhnlich bleibt die Electricität nur kurze Zeit auf diesem Maximum stehen, sie vermindert sich wieder, anfangs schneller, dann aber langsam; gleichzeitig vermindern sich die dem Auge sichtbaren Dünste in den unteren Luftschichten; hatten sich Nebel gebildet, so verziehen sich diese, die Atmosphäre wird heiterer, auch entfernte Gegenstände werden dem Auge sichtbar. Gegen 2 Uhr Abends ist die atmosphärische Electricität gewöhnlich schon sehr schwach, oft nur wenig stärker, als in der Frühe kurz nach Sonnenaufgang; sie vermindert sich nun noch langsamer bis einige Stunden vor Sonnenuntergang, im Sommer bis gegen 4, 5 und 6 Uhr, im Winter bis gegen 3 Uhr; sie bleibt

verhältnismäßig länger auf ihrem Minimum als Maximum. Sobald sich die Sonne dem Horizonte nähert, fängt sie wieder zu steigen an, mit Untergang der Sonne nimmt sie gewöhnlich sehr merklich zu, steigt nun mit Eintritt der Abenddämmerung immer mehr und steht gewöhnlich $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden nach Sonnenuntergang auf ihrem zweiten Maximum; gleichzeitig bilden sich aufs Neue Dünste in den unteren Schichten der Atmosphäre, die Feuchtigkeit der Luft nimmt schnell zu, es fällt der Abendthau. Bei diesem zweiten Maximum am Morgen; sie behält der eben so stark als beim Maximum am Morgen; sie behält diesen Werth nur kurze Zeit und sinkt nun langsam bis zum folgenden Morgen.

Es ist sehr zu wünschen, daß Messungen dieser Art eine längere Reihe von Jahren regelmäßig fortgesetzt würden, damit eine Vergleichung der gefundenen Größen mit den gleichzeitigen Angaben der übrigen Instrumente und die Umstände genauer kennen lehren, als es gegenwärtig der Fall ist. Mehrmals habe ich selbst Beobachtungen dieser Art angefangen, aber theils die dazu nicht ganz günstige Lage meiner Wohnung, theils andere Arbeiten haben eine längere Fortsetzung derselben verhindert. Indessen scheinen in Halle manche Verhältnisse etwas von denen im südlichen Deutschland abzuweichen. Eben dieses ist auf den Bergen der Fall, wenigstens scheinen meine eigenen Beobachtungen in den Alpen darauf zu deuten, daß wir in der Höhe nur ein Minimum am Morgen und ein Maximum am Nachmittage haben.

Außer dieser täglichen Periode zeigen die vorhandenen Messungen noch eine bestimmte jährliche Periode an; die positive E bei heiterm Wetter ist nämlich im Winter bedeutend stärker als im Sommer und ändert sich zwischen diesen beiden Jahreszeiten auf eine regelmäßige Art.

Der Mangel umfassender Messungen macht es auch sehr schwierig, eine genügende Ursache für diesen Vorgang anzugeben. Durch die Dämpfe, welche sich fast beständig aus den unteren Regionen erheben, wird nach der Höhe eine Menge von positiver Electricität geführt, und letztere wird durch das Instrument angegeben. Indessen ist doch sehr die Frage, ob die Aenderungen, welche wir in der Tiefe beobachten, wirklich einen Gang angeben,

welcher mit dem mittlern Zustande der oberen Luftschichten völlig fibereinstimmt. Die Erfahrung zeigt, daß je höher wir uns in der Atmosphäre befinden, diese positive E stärker wird; indessen ist es nicht sowohl die absolute Meereshöhe, als der mehr oder weniger freie Standpunkt, welcher dabei wirksam ist, und Saussure hält es daher für wahrscheinlich, daß wir in der Nähe der Erdoberfläche eine eben so starke E finden würden, als auf den Spitzen der Berge, wenn wir daselbst eben so frei stehen könnten. Auf die Angaben unserer Apparate aber wirken bei unveränderter Aufstellung derselben vorzugsweise zwei Umstände ein, die Electricität nämlich, welche die Luft wirklich besitzt, und das Isolirungsvermögen der Atmosphäre.

Wir wollen uns der Einfachheit halber vorstellen, die Luft am Boden besitze gar keine Electricität, sondern wir fänden erst in einiger Höhe eine Schicht, bei welcher die E sich zu zeigen anfängt, es wäre also gewissermaßen in einiger Höhe über dem Boden ein electrifischer Körper am ganzen Himmel ausgespannt. Theils durch Leitung, theils durch Vertheilung kann dieser Körper nach unten wirken; welche dieser beiden Wirkungsarten dabei zu beachten sey, läßt sich nicht entscheiden, vielleicht sind beide häufig zugleich thätig; dann aber wenn der Himmel heiter ist, wie wir bei vorliegender Untersuchung annehmen, ist es mehr die Vertheilung, welche dabei wirksam ist. Die $+E$ des ausgespannten Gewölbes erzeugt in dem nach oben gerichteten Ende des einsaugenden Drahtes $-E$, in dem untern $+E$, und da jene ausströmt, so läßt sich letztere am Electrometer wahrnehmen. Gesezt nun, die E jenes angenommenen Gewölbes behielte stets dieselbe Stärke, es rückte aber dem Boden näher, so würde unstreitig die durch Vertheilung hervorgerufene E am Electrometer eine stärkere Spannung angeben; aber auch bei unverändertem Abstände würde das zu verschiedenen Zeiten ungleiche Isolirungsvermögen der Luft etwas Aehnliches hervorbringen. Stellen wir nämlich die gewöhnlichen Vertheilungsversuche an der Electrificationsmaschine an, so ist bei einerlei Abstand beider Körper die durch Vertheilung hervorgerufene E am stärksten, wenn sich zwischen beiden Körpern eine Luftschicht befindet, dagegen müssen wir den guten Isolatoren, wie Glas, Harz u. s. w., eine weit geringere Dicke geben, um

eine ähnliche Spannung hervorzurufen. Diese Versuche zeigen ganz deutlich, daß man bei einerlei Abstand je nach dem verschiedenen Isolirungsvermögen sehr ungleiche Spannungen erhält, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß man bei genauen Versuchen dieser Art an demselben Orte, aber bei verschiedenen Thermometer- und Hygrometerständen sehr ungleiche Spannungen auf den durch Vertheilung electrifirten Körpern finden würde, selbst wenn diese stets denselben Abstand behielten; bei trockener Luft, welche weit besser isolirt, würde die Spannung geringer seyn, als bei feuchter.

Und eben so ist es wahrscheinlich in der Atmosphäre. Bleibt die Stärke der E in der Höhe bei unverändertem Abstände dieselbe, wird aber die Luft trockener und isolirt sie deshalb besser, so wird die am Boden durch Vertheilung hervorgerufene E abnehmen, und der hier befindliche Beobachter würde also annehmen, die E der oberen Schichten selbst sey geringer geworden, während er bei etwas feuchtem Wetter das Gegentheil folgern würde.

Die Vorstellung, welche wir hier zum Grunde gelegt haben, ist allerdings nicht ganz naturgemäß. Denn da unaufhörlich Dämpfe in die Höhe steigen und einen großen Theil des Jahres auch der Vegetationsprozeß thätig ist, so befindet sich der Boden in einem negativen Zustande, während die Atmosphäre $+E$ hat; ein jedes Theilchen derselben besitzt diese wahrscheinlich, aber zugleich werden durch Einwirkung des Bodens und der oberen Luftschichten in jedem Theilchen die beiden E hervorgerufen, es besitzt auf seiner untern Seite etwas mehr $+E$ als auf seiner obern. So wird das Phänomen der Zunahme der E von unten nach oben sehr verwickelt; alle Theile wirken auf den Draht am Electrometer, doch nimmt ihre Wirkung mit der Entfernung schnell ab, sie haben einen desto geringern Einfluß, je besser die Luft isolirt, und das was der Beobachter als Wirkung der oberen Luftschichten ansieht, wird hauptsächlich durch Theilchen hervorgebracht, deren mittlerer Abstand vielleicht kaum einige hundert Fuß vom Instrumente beträgt.

Ich habe es für nöthig gehalten, diese Bemerkungen mitzutheilen, da sehr häufig den Angaben des Electrometers ein größeres Gewicht beigelegt wird, als sie verdienen, und da es einst

Sttte war, alle Modificationen der Atmosphäre aus ihrem electrischen Zustande abzuleiten. Wenden wir uns nun zur Erklärung der täglichen und jährlichen Periode der Electricität, so müssen wir dabei zugleich das Verhalten des Dampfes und des Feuchtigkeitszustandes vor Augen behalten. Wenn nach dem Aufgange der Sonne die Verdunstung mit der Temperaturzunahme beginnt, so erhebt sich eine Menge von Dämpfen, welche mit ihrer positiven E in die Höhe steigen, so daß sich in den unteren Luftschichten wirklich eine größere Menge electrificirter Körper befindet, als in der Nacht. Die Menge des in einem Kubikfusse enthaltenen Dampfes nimmt aber jetzt vorzugsweise in den unteren Schichten zu, und da die Luft noch ziemlich feucht ist, so können die Theilchen aus bedeutender Ferne auf das Electrometer wirken und seine Spannung nimmt schnell zu. Mit steigender Wärme wird die Verdunstung zwar lebhafter, es erhebt sich aber besonders im Sommer gleichzeitig der aufsteigende Luftstrom, die Dämpfe werden mit Schnelligkeit nach oben geführt, ihre Menge wird in der Tiefe etwa um 9 Uhr kleiner, auf das Electrometer wirken daher weniger Theilchen, und da gleichzeitig der relative Feuchtigkeitszustand sich immer mehr der Trockenheit nähert, kann die Vertheilung nicht mehr so stark seyn, es tritt ein Maximum der electrischen Spannung ein. So wie der aufsteigende Luftstrom lebhafter wird, die Dämpfe sich schneller nach oben bewegen und die Trockenheit in der Tiefe größer wird, nimmt die Spannung ab und es tritt einige Zeit nach der größten Tageswärme ein Minimum ein. Jetzt wird der aufsteigende Luftstrom schwächer, die Dampfmenge steigt nicht mehr so schnell aufwärts, die Luft wird feuchter, die größere Menge electrischer Luft- und Dampftheilchen, welche in der Nähe des Electrometers sind, können in der feuchten Luft stärker auf dieses wirken, die Spannung wird größer, und um die Zeit, wo am Abend der Druck des Dampfes am größten wird, scheint auch die E ihr Maximum zu erreichen. Der Verdunstungsprozeß nimmt jetzt ab, an geeigneten Stellen schlägt sich Dampf nieder, eine Menge electrificirter Theilchen verschwindet aus der Atmosphäre, und so nimmt die Spannung bis zum folgenden Morgen immer mehr ab. Im Winter, wo der Verdunstungs- und Vegetationsprozeß bei weitem schwächer sind, als im Sommer, finden wir nichts desto weniger eine stärkere

Spannung; wahrscheinlich liegt auch hierin der Grund in dem Isolirungsvermögen der Luft, diese ist alsdann feuchter und so kann eine größere Anzahl von Theilchen stärker auf das Instrument einwirken.

Um indessen diese Ansicht genügend durchzuführen, würde erforderlich seyn, daß eine längere Reihe von Jahren das Electrometer an verschiedenen Orten gleichzeitig mit den übrigen Instrumenten beobachtet würde; die wenigen Thatfachen aber, welche wir bis jetzt besitzen, geben ihr einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit. Denn im Sommer, wo die Dampfmenge am höchsten ist, finden wir auch die schnellste Abnahme der E am Nachmittage; im Winter hingegen, wo die Dampfmenge am niedrigsten ist, finden wir auch die schnellste Zunahme der E am Nachmittage; finden wir auch die schnellste Abnahme der E am Nachmittage; finden wir auch die schnellste Zunahme der E am Nachmittage; finden wir auch die schnellste Abnahme der E am Nachmittage; finden wir auch die schnellste Zunahme der E am Nachmittage.

Electricität bei Thau und Nebel.

Wenn Wasserdampf sich in der Atmosphäre niederschlägt, so wird in der Regel eine mehr oder wenigstens starke positive Electricität frei; ob aber die Ursache der alsdann beobachteten Zunahme der E darin liegt, daß die alsdann feuchte Luft eine stärkere Einwirkung entfernter Theile auf das Electrometer gestattet, oder ob bei dem Niederschlage der Dämpfe auf eine ähnliche Art gleichsam die vorher gebundene Electricität frei werde, als die latente Wärme bei der Condensation auftritt, läßt sich bis jetzt nicht entscheiden. So ist namentlich die E ziemlich stark, wenn sich Thau bildet; fällt derselbe sehr reichlich, so findet gewöhnlich auch zugleich das Maximum in der täglichen Periode am Abend Statt.

Nicht minder stark ist die E bei Nebeln. Fast alle Beobachter haben darauf aufmerksam gemacht, und Saussure sagt, er habe niemals Nebel gesehen, welche nicht von einer sehr merklichen Electricität begleitet gewesen wären. In der Regel

ist letztere positiv und nach den Erfahrungen von Schüller im Winter stärker als im Sommer. In der Regel soll die E desto stärker werden, je dichter der Nebel ist. Nur selten zeigt sich in ihnen negative E, doch scheinen mir die Umstände zu wenig erforscht, unter denen dieselbe auftritt, um darüber etwas Näheres zu sagen.

Die herrschende Ansicht über die starke Zunahme der E bei der Bildung des Nebels bedarf jedoch noch einer näheren Prüfung durch Versuche. Wir dürfen nicht übersehen, daß die Zahl regelmäßiger Messungen der Luftelectricität überhaupt noch sehr klein ist; Wochen und Monate hindurch ließen manche Beobachter ihre Instrumente in Ruhe, dann sahen sie eine ihnen auffallende Erscheinung, die E wurde geprüft, und wenn das Electrometer divergirte, so wurde es aufgezeichnet. Ob aber diese Divergenz ungewöhnlich stark oder schwach war, das ließ sich natürlich nicht entscheiden. Nach meinen Messungen in Halle so wie auf den Alpen bin ich sogar geneigt anzunehmen, daß die E zur Zeit von Nebeln nicht stärker, vielleicht sogar schwächer sey, als bei heiterm, etwas feuchtem Wetter. Auf den Alpen fand ich im letztern Falle stets eine starke $+E$; so wie sich aber Nebel näherten, wurde zuerst die Intensität derselben schwankend, und wenn ich dann Stunden lang von Nebeln umgeben war, zeigte sich kaum eine Spur davon. Ganz etwas Aehnliches habe ich in Halle bemerkt. Ob dieses nur Ausnahmen von der Regel sind, indem die E sich durch die feuchte Luft in den Boden bewegte, oder ob dieses allgemein sey, muß durch künftige Beobachtungen näher ausgemacht werden.

Electricität bei Regen.

Wenn Regen oder Schnee aus den oberen Regionen der Atmosphäre herabkommt, so erscheint er in Begleitung einer mehr oder weniger starken E; nur dann, wenn es längere Zeit gleichförmig sanft und ohne Unterbrechung regnet, zeigen sich häufig kaum Spuren davon. Doch ist in diesem Falle die E bald positiv, bald negativ. Nach den Beobachtungen von Schüller kommen im südlichen Deutschland etwa 100 positive Niederschläge auf 155 negative, nach denen von Hemmer zu Mannheim auf 100 positive Niederschläge etwa 108 negative, in beider

den Beobachtungsreihen ist also die Zahl der letzteren größer. Auf dieses Verhältniß hat sogar die Windrichtung Einfluß. Bezeichnen wir bei jedem Winde die Zahl positiver Niederschläge mit 100, so ergeben sich folgende Größen für die Zahl negativer bei eben diesen Winden.

	Schüller	Hemmer
N	91	52
NO	109	75
O	166	95
SO	175	95
S	260	101
SW	232	117
W	145	106
NW	128	67

Nach beiden Beobachtern ist also bei nördlichen Winden die Zahl positiver Niederschläge verhältnismäßig weit größer als bei südlichen Winden. Die Ungleichheit der Zahlen aber, welche von beiden Beobachtern gegeben werden, mag theils in der verschiedenen Localität, theils in der ungleichen Beschaffenheit des Witterungscharacters liegen. Den letztern anlangend, so zeigen die Beobachtungen, daß in dem einen Jahre die meisten Regen mit positiver, in einem andern mit negativer Electricität herabfallen; benutzt man also die Messungen von nur wenigen Jahren, so können sich die Resultate sehr von dem allgemeinen Verhalten entfernen.

Die erste Frage, welche wir zunächst beantworten müssen, betrifft die Entstehung der $-E$ überhaupt. Schüller, Erals, Volta u. A. leiten das ganze Phänomen aus einer Verdunstung von Wassertropfen her. Fallen diese nämlich durch eine trockene Luft, so verwandelt sich ein Theil von ihnen auf die Neue in Dämpfe, diese gehen mit $+E$ fort, und so behalten die Tropfen $-E$. Diese Hypothese scheint dadurch bestätigt zu werden, daß man in der Nähe von Wasserfällen, wo viele Tropfen durch die Luft geschleudert werden, stets eine mehr oder weniger starke $-E$ findet. Mehrere von Volta angestellte Versuche machen aber diese Hypothese wenig wahrscheinlich. Wenn wir einen künstlichen Springbrunnen, z. B. einen Herons,

ball isoliren, dann dort Wasser in die Höhe spritzen lassen, so theilt sich dieses oben in sehr viele Tropfen. Stellen wir diesen Versuch bei heiterm Wetter und an einem frei stehenden Plage an, wo man eine starke Lu electricität beobachtet, so zeigt sich bei demselben eine starke Electricität, die herabfallenden Tropfen haben — E, das Gefäß + E. Wird der Versuch, selbst bei trockenem Wetter an solchen Punkten wiederholt, wo wir keine Lu electricität finden, so zeigt weder das Gefäß noch die Tropfen Spuren von E, obgleich die Verdunstung hier noch eben so groß ist. Dieses letztere Phänomen kann also nicht die Ursache seyn, diese liegt, wie Belli richtig bemerkt, in der Vertheilung. Steigt nämlich bei heiterm Wetter der Wasserstrahl in die Höhe und ist über ihm das positiv electrische Himmelsgewölbe ausgespannt, so wirkt dieses durch Vertheilung, der Wasserstrahl erhält unten + E, welche man durch Prüfung des Gefäßes erkennt, oben dagegen — E, und mit diesem — E gelangen die losgerissenen Tropfen zum Boden. So wie dagegen die Luft keine Electricität zeigt, so kann diese Wirkung der Vertheilung nicht Statt finden, und es zeigt sich daher keine Spur von E. Aus demselben Grunde erhält der Strahl, welcher als Wasserfall aus der Höhe herabsürzt, an seinem obern Theile durch Einwirkung der heitern Luft — E, unten + E, letztere strömt unaufhörlich in den Boden, erstere dagegen wird mit den Tropfen verbunden, welche sich in der Höhe losreißen, und wirkt nun auf das Electrometer.

Wenn also auch die Verdunstung etwas dazu beitragen mag, in den herabfallenden Regentropfen — E zu erzeugen, so ist die Vertheilung bei weitem wirksamer. Sehr häufig haben die Wolken eine starke + E, der Boden erhält also — E; befinden sich am Himmel zwei Wolkenschichten und regnet es vorzugsweise aus der untern; so haben beide auch zugleich + E; aber dieser Zustand der untern wird durch Einwirkung der obern und des Bodens abgeändert. Sie erhält auf ihrer untern Seite + E, auf ihrer obern — E. Fällt nun Regen herab, so nehmen die herabfallenden Tropfen die + E von der untern Seite mit, daher fängt gewöhnlich jeder Regen mit + E an. Dadurch wird nicht bloß die untere Seite der Wolke in den natürlichen Zustand geführt, sondern eben dieses gilt auch vom Boden. Nach einiger

Zeit bemerkt man daher keine Spur von E, bis späterhin durch fortdauernde Einwirkung der obern Wolke die untere immer mehr freie — E erhält; fallen nun Tropfen herab, so bringen diese die — E mit. Findet jetzt aber durch Windstöße, deren Existenz man leicht an der Unruhe im Innern der Wolke beobachtet, eine neue Condensation des Dampfes Statt, so findet man wieder + E in den Regentropfen.

So weit es mir möglich gewesen ist, dieses Phänomen zu verfolgen, habe ich mich stets von der Wirksamkeit zweier Wolkenschichten überzeugt. In anderen Fällen geschieht es auch wohl, daß eine einzige Wolke auch auf die herabfallende Regensmasse wirkt und ihren electrischen Zustand ändert. Verhalten wir diese Vertheilung der E vor Augen, dann ergibt sich die Abhängigkeit der E von der Windrichtung sehr einfach.

Die Entstehung des Regens ist dem früher Gesagten zufolge bei nördlichen und südlichen Winden sehr ungleich. War die Temperatur bei heiterm Himmel mehrere Tage hindurch hoch, so beginnt das Barometer langsam zu sinken, einzelne Cirri bilden sich in den höheren Regionen, indem hier der Südwind vorzudringt. Die Fasern der Cirri breiten sich weiter aus, der Himmel erhält ein weißliches Ansehen und häufig nimmt die + E der untern Schichten zu. Bei fortwährendem Sinken des Barometers bilden sich in der Tiefe Cumuli und der Regen beginnt. In dem Momente seiner Entstehung hat der Cumulus und der Regen + E. Bald aber tritt die — E auf der obern Seite des Cumulus stärker hervor, und bei fortwährendem Regen wird dieser ebenfalls negativ. Da bei nördlichen Winden häufig nur eine einzige Wolkenschicht vorhanden ist, so findet eine solche Vertheilung nicht Statt, sondern der Regen hat häufiger + E. Da im Winter der Schnee meistens aus einer Wolkenschicht herabfällt, so finden wir bei diesem Niederschlage weit häufiger + E als — E.

Ausbildung der Gewitter.

Die E tritt bei keinem Phänomene auf eine so großartige Weise auf, als bei dem Gewitter; bei keinem aber sind auch die Umstände so verwickelt, als bei ihm, und deshalb scheint es mir zweckmäßig, die Ausbildung desselben ausführlicher zu betrachten.

Die Wolken, welche sich zu einem eigentlichen Gewitter ausbilden, sind in den meisten Fällen anfänglich klein und vergrößern sich oft sehr schnell, indem sie scheinbar aus sich selbst durch immer fortdauernde Niederschläge der Dämpfe in den umgebenden Regionen an Stärke gewinnen. In kurzer Zeit bedecken sie oft den vorher meistens bläublauen Himmel. Zu anderen Zeiten bilden sich gleichzeitig an mehreren Orten über dem Horizonte solche Wolken, welche sich bald vereinigen, bald einzeln wirken. Sie charakterisiren sich besonders dadurch, daß die Cirri, welche in der Höhe stehen, in kurzer Zeit in dicke Cirrostrati übergehen und daß die Cumuli eine dicke oft gleichförmige Masse von Cumulostratis bilden. Man sieht dieses besonders dann deutlich, wenn eine Gewitterformation in der Nähe des Horizontes steht. Außerdem finden wir in der ganzen Masse sehr auffallende Contraste der Beleuchtung. An einigen Stellen ist ihre Farbe dunkelgrau und dicht daneben zeigen sich glänzende ins Gelbe spielende Farben. Zuweilen sieht man unter denselben mehrere in die Länge gedehnte, ins Aschgrau spielende Streifen. Zu anderen Zeiten, zumal wenn die Sonne dem Untergange nahe ist, sehen sie an der westlichen Seite gelblich aus, und diese Farbe geht allmählig in grau und blau über, die ganze Landschaft hat das Ansehen, als ob man sie durch ein gelbes oder oranges Glas betrachtete.

Sehr häufig bildet sich das Gewitter schon mehrere Stunden vor seinem Ausbruche aus. Am Morgen solcher Tage ist der Himmel vollkommen heiter; gegen Mittag zeigen sich einzelne Cirri, deren Fäden vielfach verästelt dem Himmel ein mehr oder weniger weißes Ansehen geben. Je länger der Prozeß dauert, desto matter scheint die Sonne, dabei zeigen sich nicht selten größere Höfe um die Sonne, oder Nebensonnen. Erst später bilden sich die Cumuli, welche sich immer weiter ausbreitend mit der obern Schicht zusammenzufließen scheinen. Kurz vor dem Ausbruche des Gewitters bildet sich nicht selten noch eine tiefere Schicht, was man besonders in Gebirgsgegenden leichter wahrnehmen kann, doch habe ich es auch mehrmals sehr deutlich in den Ebenen Deutschlands, wenn auch weniger auffallend gesehen, als in den Alpen.

Meistens geht der Bildung des Gewitters ein langsames aber anhaltendes Sinken des Barometers voraus, gerade so wie der die Cirri erzeugende Wind der oberen Regionen es erfordert. Dabei ist die Atmosphäre sehr ruhig, eine schwüle drückende Hitze, — Folge der geringeren Verdunstung unseres Körpers, von welchem Winde die Dämpfe nicht fortführen — ist charakteristisch. Diese große Hitze wird jedoch meistens nicht durch das Thermometer angegeben; steht auch das Thermometer sehr hoch, so zeigen anderweitige Beobachtungen, daß die große Hitze besonders nur den unteren Schichten eigenthümlich ist, daß sie sich schnell mit der Höhe vermindert. So geben gleichzeitige Beobachtungen in München und auf einigen Bergen in Baiern, daß am Nachmittage solcher Tage, wo dort ein Gewitter Statt fand, nur etwa 40 Toisen erforderlich waren, wenn die Wärme um 1° C abnehmen sollte, eine Größe, welche nur etwa die Hälfte von dem beträgt, was wir im Mittel finden. Ähnliches zeigen die Messungen auf dem St. Gotthardt in Vergleich mit benachbarten Punkten, und eben dahin deuten manche Unregelmäßigkeiten in der irdischen Strahlenbrechung. Da nun gleichzeitig an den Morgen eben solcher Tage die Wärme nicht selten ungewöhnlich langsam nach oben kleiner wird, so folgt, daß alsdann ein lebhafter aufsteigender Luftstrom Statt finden müsse, welcher Luft und Dämpfe mit Schnelligkeit nach den oberen kälteren Regionen der Atmosphäre bringt, und daß nun letztere sehr schnell condensirt werden müssen.

Blitz.

Wenn bei dem schnellen Niederschlage des Dampfes eine hinreichend starke E erzeugt ist, so zeigt sich diese als Funke, eben so wie wir dieses im Kleinen an unseren Maschinen sehen. Theils kann derselbe zwischen verschiedenen Wolkenschichten überspringen, theils von der Wolke zur Erde. Beide Arten von Blitzen kann man besonders aus der Ferne mehr oder weniger unterscheiden. Findet nämlich ein Uebergang von Wolke zu Wolke, besonders von einer höheren Schicht zu einer tieferen Statt, so wird ein großer Theil der Bewölkung unbestimmt erleuchtet; man bemerkt eine Stelle, an welcher die Helligkeit am größten ist, ohne daß wir dabei jedoch bestimmte Umrisse bemer-

ken, von dieser Stelle wird die Helligkeit nach allen Seiten kleiner. Kommt dagegen der Blitz von der Wolke zur Erde, so bemerkt man einen schmalen, scharf begränzten Raum von oft blendendem Lichte und dicht neben demselben eine geringere Helligkeit. Eben diesen schmalen Lichtstrahl bemerkt man auch, wenn er sich von einer Wolke zu einer andern bewegt, wenn beide ungefähr einerlei Höhe haben und nicht tiefere Wolken vorhanden sind, welche uns das directe Beschauen unmöglich machen, denn in diesem Falle sehen wir eben so wie im ersten nicht den Blitz selbst, sondern wir bemerken nur die große Helligkeit, welche er in den Wolken hervorbringt. Es bedarf übrigens wohl kaum der Bemerkung, daß beide Arten von Blitzen ursprünglich gleich sind und daß die verschiedene Art, wie sie sich uns zeigen, nur daraus abgeleitet werden muß, daß die Wolken uns die nach oben gehenden Blitze eben so verdecken als die Sonne, wenn sie vor dieser vorbeigehen.

Wäre der Blitz stillstehend, so würde er vielleicht als Feuerkugel erscheinen, auch bemerkt man öfter bei heftigen Blitzen an ihrem vordern Theile eine etwas größere Kugel. So wie der Funke unserer Maschinen sich zickzackförmig fortbewegt, so sehen wir dieses auch beim Blitze, wahrscheinlich geht er mehr oder weniger spiralförmig fort; da wir jedoch diese Spirale von der Seite sehen, so glauben wir ein Zickzack zu erblicken. Wahrscheinlich rührt diese Bewegung von einem ungleichen Leitungsvermögen der Luft her und in diesem letztern Umstande müssen wir auch die öfter vorkommende Verästelung des Blitzes suchen. Bei heftigen Gewittern nämlich gehen von dem Hauptstrahle mehrere Seitenstrahlen aus, meistens findet eine Theilung am Ende Statt, zuweilen aber gehen von der Hauptmasse mehrere kleine Seitenäste aus. So möchte ich die Blitze bei einem heftigen Gewitter in Halle im Julius 1834 mit einem Gerippe vergleichen; so wie in diesem die Rückenknochen stärker sind und nach beiden Seiten kleinere Rippen aussenden, so war es fast eine halbe Stunde bei jenen Blitzen.

In der Regel ist die Farbe des Blitzes blendend weiß, doch mehrmals habe ich welche gesehen, deren Farbe lebhaft ins Violette spielte. So war dieses namentlich im Jahre 1834 mehrmals der Fall, und dieselbe Thatsache wurde von mehreren Personen in Halle

gesehen, welche mich um die Ursache davon befragten. In dem einen Falle dieser Art waren alle Blitze sehr hoch, sie bewegten sich also in einer weit dünnern Luft, und es erfolgte hier wahrscheinlich etwas Aehnliches als beim electrischen Funken unter dem Recipienten der Luftpumpe, welcher desto violetter wird, je dünner die Luft ist.

Gewöhnlich wird angenommen, daß der Blitz sich von oben zur Erde bewege, indessen sind auch einzelne Fälle beobachtet, in denen der Blitz den entgegengesetzten Weg nahm. Wahrscheinlich findet beides häufig zugleich Statt. An der Electrirmaschine bemerken wir dann, wenn wir eine Kugel oder die Hand in passender Entfernung vom Leiter aufstellen, daß der Funke gleichzeitig von Kugel und Leiter ausgeht, und so ist es wahrscheinlich auch bei den Blitzen. Denn wenn diese zwischen Wolken von nahe gleicher Höhe Statt fanden, habe ich mehrmals bemerkt, wie Lichtstrahlen gleichzeitig von beiden Wolken ausgingen und sich in der Mitte vereinigten.

Donner.

Kürzere oder längere Zeit nach dem Erscheinen des Blitzes hört man den Donner, er entsteht dadurch, daß der Blitz bei seiner Fortbewegung die Luft aus der Stelle trieb und daß letztere gleich nachher mit Gewalt in den leeren Raum stürzte, auf eine ähnliche Weise, als wenn man den gut schließenden Deckel eines Pennales aus Pappe schnell abzieht. Wir hören diesen Ton später, weil der Blitz von uns in demselben Momente gesehen wird, wo er entsteht, dagegen der Schall eine Secunde gebraucht, wenn er einen Weg von etwa 1000 Fuß durchlaufen soll.

Je nach der ungleichen Entfernung des Beobachters ist dieses Geräusch sehr ungleich. Wenn der Blitz einen Körper an der Erdoberfläche trifft, so hören diejenigen, welche sich in seiner Nähe befinden, meistens einen mehr oder weniger heftigen Knall, welcher im Momente aufhört, während entfernter stehende Beobachter meistens ein prasselndes Geräusch vernehmen. Wollia verschieden davon ist der eigentlich rollende Donner, besonders dann, wenn die Blitze zwischen den Wolken Statt finden. Das Rollen desselben dauert mehrere Secunden, selbst Minuten, und nimmt

dabei nicht an Stärke ab, er erscheint vielmehr in Zwischenräumen von Zeit zu Zeit verstärkt und oft stoßweise mit heftigen Schlägen untermengt, ähnlich dem Poltern einer Last, welche langsam eine Treppe herab bewegt wird. Dieses Donnern fängt in der Regel nicht mit der größten Stärke an, sondern ziemlich schwach beginnend, erreicht der Schall erst nach einiger Zeit seine größte Intensität, welche sich dann nicht selten mehrmals wiederholt.

Die Erklärung dieses rollenden Donners ist mit manchen Schwierigkeiten verbunden, zumal da wir es nicht mit dem Nachhall einer angeschlagenen Saite vergleichen dürfen. Ältere Physiker leiteten es aus dem Echo an terrestrischen Gegenständen her, was um so wahrscheinlicher schien, da der Donner in Gebirgsgegenden meistens weit fürchterlicher klingt, als auf Ebenen. Da das Rollen jedoch auch auf dem Meere gehört wird, so nahm man zu einer Reflexion des Schalles von den Wolken seine Zuflucht. Gegen letztere Behauptung machte de Luc die Einwendung, daß es nicht wohl denkbar sey, daß Wolken, also bloße Nebel, welche von der umgebenden Luft kaum durch eine scharf bestimmte Gränze gesondert würden, den Schall reflectiren könnten, und diese Bemerkung ist dann später oft wiederholt worden. Aber so ganz unmöglich scheint mir diese Reflexion doch keinesweges zu seyn, obgleich ich nicht geneigt bin, das Rollen aus dieser Ursache allein abzuleiten. Vergleichen wir nämlich die analogen optischen Phänomene, so sehen wir, daß stets dort eine Reflexion des Lichtes erfolgt, wo das Brechungs- und Zerstreuungsvermögen des durchsichtigen Körpers sich ändert, und so könnte auch an der Oberfläche der Wolke, wo der Schallstrahl in ein anderes Mittel übergeht, sehr wohl ein Echo gebildet werden. Einige Thatsachen, welche die Mitglieder der Pariser Academie bei ihren Versuchen über die Geschwindigkeit des Schalles bemerkten, scheinen für eine solche Einwirkung der Wolken zu sprechen. Wenn sich nämlich zwischen beiden Stationen Wolken befanden, so wurden die Kanonenschüsse an dem entfernten Standpunkte mit einem Rollen, wie beim Donner, gehört, was bei heiterm Himmel nicht geschah.

Wahrscheinlich spielt dabei die Beschaffenheit des Bliges eine wichtige Rolle, wie dieses namentlich Brandes, Hel-

vig und Raschig vermuthen. Das Rollen kommt nämlich vorzüglich bei solchen Blitzen vor, welche aufwärts oder seitwärts in andere Wolken fahren, während der in die Erde schlagende Blitz mit einem kurzen Knall oder einem knisternden Laute verbunden ist. Nehmen wir nun an, daß der Blitz aus einer Reihe kleiner Explosionen besteht, was auch durch optische Beobachtungen von Dove bestätigt wird, dann muß jede dieser Explosionen einen Knall erzeugen. Läge nun der Ort jeder Explosion bei einem herabfahrenden Blitze dem Orte des Beobachters näher, so gelangte der durch die erste Explosion bemerkte Schall, welcher langsamer als der erregte Blitz fortgeht, gleichzeitig mit dem durch die letzte Explosion bewirkten Schalle ins Ohr, dieser wäre daher kurz und ohne einen Nachhall. Wenn dagegen der Blitz aufwärts oder seitwärts geht, so gelangen die in größerer Entfernung entstehenden Knalle später in unser Ohr und ein Blitz, dessen ganze Wirkung vielleicht nur eine Secunde dauert, aber welcher sich vielleicht durch eine Strecke von 6000 Fuß in gerader Linie bewegt, müßte einen 7 Secunden dauernden Schall geben.

Eben so wichtig ist dabei die Zickzackform des Bliges, auf welche besonders Helvig aufmerksam machte. Bei aufmerksamer Betrachtung sah er einen Blitz in vier Absprüngen seine Bahn zur Erde durchlaufen und hörte ganz bestimmt eben so viele Donnerschläge, doch nicht alle von gleicher Stärke. Offenbar muß auch hier der Schall zu verschiedenen Zeiten ins Ohr gelangen, und da wahrscheinlich der hervorgebrachte Ton an den Ecken wegen größerer Compression der Luft am stärksten ist, so ergibt sich nach ihm daraus die ungleiche Stärke zu verschiedenen Zeiten.

Wie es sich bei Phänomenen, die unter verschiedenen Umständen auftraten, so häufig trifft, so wirken hier gewiß alle erwähnten Thatsachen, sowohl das Echo, als die ungleiche Entfernung der schallenden Theile dahin, dieses Rollen zu erzeugen. Um aber den Wechsel der Stärke, dieses secundenlange Pausiren und darauf sehr heftige neue Beginnen des Donners zu erklären, müssen wir noch die sogenannte Interferenz der Schallstrahlen berücksichtigen. Indem nämlich der Schall sich von seiner Quelle als Mittelpunkt aus nach allen Seiten bewegt, entstehen eine Reihe kugelförmiger Wellen, die so beschaffen sind, daß in ir-

gend einem Momente eine Reihe dieser Kugeln eine geringe Dichtigkeit der Luft hat, zwischen denen andere mit großer Dichtigkeit liegen. Wegen der schwingenden Bewegung, die zur Entstehung des Schalles erforderlich ist, vertauschen beide Reihen im nächsten Momente ihre Rollen. Nehmen wir an, daß gleichzeitig in einiger Entfernung ein zweites Wellensystem von gleicher Stärke und Höhe erzeugt werde, so durchkreuzen sich zwar beide, ohne sich in ihrer weiteren Ausbreitung zu hindern, aber an einzelnen Stellen, welche in diesem Systeme eine bestimmte Lage haben, findet man eine große Verschiedenheit in der Schallstärke. Wenn nämlich die Lage eines Punktes so beschaffen ist, daß beide Systeme daselbst gleichzeitig die Luft verdichten oder verdünnen, so ist offenbar die Bewegung daselbst lebhafter und der Schall stärker, als wenn hier nur ein einziger schallender Punkt wirksam wäre. An einem andern Punkte treffen aber die beiden Bewegungen so zusammen, daß das eine System die Luft zu verdichten, das zweite dasselbe zu verdünnen sucht, und beide Bestrebungen wirken einander entgegen; sind sie völlig gleich, so heben sie sich ganz auf, die Luft bleibt in Ruhe, man hört also daselbst keinen Schall; sind sie ungleich, so bleibt nur der Ueberschuß der stärkern Bewegung über die schwächere übrig, die Bewegung ist also geringer, der Schall schwächer. So finden wir also eine Reihe von Punkten, wo unter diesen Umständen der Schall stärker und andere, wo er schwächer ist, als wenn nur ein einziger schallender Punkt vorhanden wäre. Von der Ungleichheit dieser Entstehung kann man sich auf folgende Weise überzeugen. Man zeichne auf einer Fläche zwei Systeme concentrischer Kreise, deren Halbmesser regelmäßig um gleiche Größen, etwa eine halbe Linie wächst; der erste, dritte, fünfte u. s. w. dieser Kreise werden mit Punkten, der zweite, vierte u. s. w. mit vollen Linien gezeichnet; jene bezeichnen die Stellen, wo im Augenblicke der Betrachtung die Luft die geringste, diese wo sie die größte Dichtigkeit hat. Wird in geringer Entfernung um einen zweiten Mittelpunkt ein ähnliches Wellensystem gezeichnet, so wird der Schall an den Stellen, wo sich punktirte und punktirte, ausgezeichnete und ausgezeichnete Kreise schneiden, verstärkt, dagegen an den Stellen, wo sich punktirte und vollgezeichnete Kreise schneiden, geschwächt, und wenn wir diese verschiedenen Durch-

schnittspunkte durch Linien verbinden, so zeigen diese, daß die Punkte mit starkem oder mit schwachem Schalle eine sehr bestimmte Lage haben. Wir können die beiden Zinken einer Stimmgabel als die Mittelpunkte zweier solcher Wellensysteme betrachten; wird dieselbe angeschlagen und vermittelst ihres Stieles vor dem Ohre herumgedreht, so finden wir eine sehr regelmäßige Ab- und Zunahme des Schalles.

Es scheint mir wahrscheinlich, daß diese Interferenz auch bei unserem Phänomene eine Rolle spiele. Eben so nämlich, wie bei jedem andern Schalle, dauert auch hier die Undulationsbewegung noch einige Zeit fort, nachdem die Ursache zu wirken aufgehört hat. Ein jeder Punkt, welchen der Blitz auf seinem Wege trifft, wird Mittelpunkt eines Wellensystemes, wir wollen indessen der Einfachheit halber annehmen, nur die Ecken des Zickzacks, welches der Blitz beschreibt, seien solche Mittelpunkte, da wenigstens der Schall mit größerer Stärke erzeugt wird. Der Donner kommt nun zuerst von dem zunächst liegenden Punkte des Blitzes ins Ohr; dauert die Undulationsbewegung fort, so kommen die Wellen von einem zweiten Punkte an; treffen ähnliche Theile beider Wellen zusammen, so wird der Schall bedeutend verstärkt; ist dieses nicht der Fall, so kann der Donner an Stärke abnehmen, ja wohl einen Moment pausiren und dann mit neuer Heftigkeit anfangen, wenn die Wellen von einem oder mehreren Schallsystemen ankommen, bei denen ähnliche Theile der Wellen zusammenfallen.

Ich halte es kaum für möglich, viele dabei vorkommende Umstände auf eine andere Art zu erklären. Wollten wir z. B. bloß von der einfachen Entfernung der schallenden Punkte ausgehen, so müßte der Donner im Allgemeinen mit dem Maximum seiner Stärke anfangen, da wir ihn zuerst von dem nächsten Punkte hören und dieser Schall also wegen der kleinsten Entfernung am stärksten ist; oder falls wir annehmen wollen, daß die Stärke bloß dadurch hervorgebracht würde, daß die einzelnen Schalle sich bloß durch gleichzeitiges Eintreffen verstärkten, so müßte der Donner schwach anfangen, dann allmählig an Stärke gewinnen, ein Maximum erreichen und nun wieder abnehmen. Nur unter sehr günstigen Umständen, aber immer sehr selten, würde man dann ein eigentliches Rollen wahrnehmen. Wie

sehen hieraus zugleich, weshalb etwas entfernte Gewitter dieses Rollen weit auffallender zeigen, als diejenigen, welche in der Nähe des Beobachtungsortes einschlagen, indem diese Interferenz nur vorzugsweise dann erfolgt, wenn die Schallstrahlen einen spizen Winkel einschließen, was bei entfernten Blitzen mehr der Fall ist, als bei nahe liegenden. Wahrscheinlich ist es übriggens hiernach, daß von zwei entfernten Beobachtern ein jeder seinen eigenen Donner hört, indem der eine ihn vielleicht in demselben Momente kaum bemerkt, wo der Andere ihn mit großer Stärke hört und umgekehrt; sollte diese Vermuthung einst durch directe Versuche bestätigt werden, so würde dieses den besten Beweis des Gesagten liefern.

Wirkungen des Blizes.

Wenn der Blitz sich gegen die Oberfläche der Erde bewegt, so folgt er wie jeder electrische Funke stets den besseren Leitern, und es kommt daher auf das Leitungsvermögen zweier neben einander befindlichen Körper an, welchen von ihnen er vorzugsweise wählt. Daher sind es besonders Metalle, welche er verfolgt, jedoch kann es auch geschehen, daß er von einem Metall abspringt und durch einen schlechteren Leiter geht, wenn er auf diesem schneller zur Erde gelangt. Nächst den Metallen trifft der Blitz alle feuchten Gegenstände, und da kann es sich wohl ereignen, daß auch Menschen und Thiere von ihm erreicht und getödtet oder betäubt werden. Es scheint im erstern Falle das Nervensystem so stark erschüttert zu werden, daß der Tod in einem Momente erfolgt, wie wenigstens daraus hervorgehen scheint, daß die vom Blitze erschlagenen Personen häufig noch in derselben Lage gefunden werden, welche sie kurz vorher im Leben hatten. Stets aber sind Ereignisse dieser Art selten; so wurden in Göttingen in mehr als einem halben Jahrhundert nur drei Menschen vom Blitze erschlagen, in Halle in mehr als einem Jahrhundert nur zwei. Wir müssen demnach die Gewitterfurcht, deren Fächerlichkeit bereits Lucretius mit so schönen Farben schildert, nicht sowohl in dem großen Unheil suchen, welches der Blitz den Menschen zufügt, da wohl auf keine Weise so wenig Menschen getödtet werden, als durch den Blitz; vielleicht liegt dieselbe in der Erziehung, indem man den Kindern von Jugend

auf vorsagt, es sey das Gewitter ein Zeichen von dem Zorne Gottes, auch wohl hinzufügt, daß die Ruchlosen bestraft und vorzugsweise ihre Häuser vom Blitze getroffen würden: eine Vorstellung, welche dann häufig noch in Kirchen und Schulen weiter ausgebildet wird, obgleich man allerdings hier fragen möchte, wie sich eine solche Vorstellung mit der bekannten Erfahrung, daß vorzugsweise Kirchen vom Blitze getroffen werden, vereinigen lasse? *)

Trifft der Blitz auf seiner Bahn schlechte Leiter, so durchbricht er sie, schleudert sie umher und übt dabei oft eine ungeheure mechanische Gewalt aus. So verschob der Blitz in einem Hause unweit Manchester am 6. August 1809 eine Mauer zwischen einem Keller und einer Cisterne, die 3 englische Fuß dick und 12 Fuß hoch war, dergestalt, daß der weggeschobene Theil an einer Seite 4 Fuß, an der andern 9 Fuß aus seiner Lage entfernt war. Das Gewicht der fortgeschobenen Masse betrug etwa 52000 Pfund; um aber den ganzen mechanischen Effect zu berechnen, müßte der Zusammenhang zwischen den Theilen bekannt seyn, und dann würde man eine bedeutend größere Zahl erhalten. Aehnliche Beispiele sind öfter beobachtet worden.

Findet der Blitz auf seinem Wege brennbare Körper, so werden diese häufig entzündet, zu anderen Zeiten werden letztere nur oberflächlich verkohlt oder zersplittert. Solche Schläge, im welche nicht zünden, nennt man im gemeinen Leben kalte, im Gegensatz der heißen, welche von einer Entzündung begleitet sind. Vielleicht ist bei den kalten die Heftigkeit der Explosion zu groß und der starke Luftdruck tödtet sogleich das eben entstandene Feuer, auf eine ähnliche Weise, wie ein heftiger Schlag unserer Electrismaschine Schießpulver umherschleudert, ein weniger heftiger dagegen es entzündet. Uebrigens versteht es sich von

1) Schon Lucretius (de nat. rerum VI, 416.) hebt diese Thatsache hervor

Postremo, cur sancta Deum delubra, suasque
Discutit (Jupiter) infesta praeclaras fulmine sedes:
Et bene facta Deum frangit simulacra? suisque
Demit imaginibus violento vulnere honorem?
Attaque cur plerumque petit loca? plurimaeque hujus
Montibus in summis vestigia cernimus ignis?

selbst, daß eine durch den Blitz erzeugte Feuersbrunst eben so wie jede andere gelöscht werden kann, nur wird die Arbeit durch den oft sehr heftigen Wind erschwert.

Blitzableiter.

Raum hatte Franklin sich von der electrischen Natur des Blitzes überzeugt, so gab er auch ein Mittel an, durch welches seine Einwirkung auf Gebäude und brennbare Gegenstände geschwächt oder aufgehoben werden konnte. Dieses waren die Blitzableiter, deren Wesen darin liegt, daß man dem Blitze einen besseren Weg zur Erde darbietet, als durch die brennbaren Körper. Soll z. B. ein Thurm vor dem Einschlagen des Blitzes geschützt werden, so wird eine hinreichend starke Metallmasse, etwa hinreichend dicke Eisenstangen oder zusammengewundene Kupferdrähte von der Spitze neben dem Thurme herab bis in den feuchten Erdboden geleitet. Die Erfahrung zeigt, daß im Falle dieser Leiter eine zusammenhängende Masse bildet und eine hinreichende Stärke besitzt, der Blitz auf demselben zur Oberfläche der Erde geht, ohne das Gebäude zu beschädigen. Es kommt jedoch auf die Beschaffenheit und Größe des Gebäudes an, wie die nähere Einrichtung beschaffen seyn soll, es würde mich jedoch hier zu weit führen, sollte ich dieses hier näher untersuchen, und ich verweise daher auf den Artikel Blitzableiter in der neuen Ausgabe von Gehler's physicaischem Wörterbuche, wo die Literatur dieses Gegenstandes ausführlich mitgetheilt ist.

Da die Erfahrung gezeigt hatte, wie der Blitz auf diese Weise unschädlich gemacht werden könnte, so glaubte man, daß die Gewitter ganz zerstört werden könnten, wenn man eine große Zahl solcher Metallstangen errichte, indem man dadurch die Luft ihrer Electricität beraube. Abgesehen davon, daß es noch die Frage ist, ob das Gewitter durch die Electricität erzeugt werde, eine Frage, auf die ich später noch zurückkommen werde, bezweifle ich, daß selbst Tausende solcher Metallstäbe von großem Einflusse auf die oft weit ausgedehnten Gewitterwolken seyn würden. So kenne ich keine Gegend, wo die Blitzableiter so häufig angetroffen werden, als in Zürich und in seiner Nachbarschaft, auf einem kleinen Raume giebt es deren gewiß mehr als tausend; aber wenn gleich ein Jeder dadurch sein Haus vor den Gefahren

des Blitzes schützt, so sind die Gewitter hier nicht seltener und weniger heftig, als vor Errichtung der Blitzableiter.

Geruch des Blitzes.

Wenn der Blitz irgendwo eingeschlagen hat, so bemerkt man in der Nähe meistens einen eigenthümlichen Geruch, unstreitig von derselben Art als derjenige, welchen wir bei unseren Electrisirmaschinen wahrnehmen. Seit den Zeiten der Alten wird dieser Geruch häufig für schwefelartig ausgegeben, wir dürfen aber nicht vergessen, daß unter die Rubrik „schwefliger Geruch“ von den Ungebildeten häufig alles das gebracht wird, dessen Geruch er nicht mit ihm bekannten guten und schlechten Gerüchen vergleichen kann. Nur wenige Physiker und Chemiker, welche im Stande waren, verschiedene Gerüche zu unterscheiden, haben hierüber Erfahrungen gesammelt. So behauptet Dalibart, er habe diesen Schwefelgeruch bemerkt, und dieses sagt auch Taylor. Dagegen bemerkt Komar ausdrücklich, er habe bei seinen Versuchen mit dem electrischen Drachen denselben Geruch bemerkt, als bei der Electrisirmaschine; Kaschig und Jungnickel bemerken ebenfalls, sie hätten keine Spur von einem Schwefelgeruche wahrgenommen. Die Behauptung, welche Fusinieri aufgestellt hat, daß der Blitz kein zertheilten Schwefel und Eisen mit sich führe, bedarf einer genaueren Untersuchung, denn wenn z. B. das vom Blitz getroffene und gebräunte Holz weit mehr Schwefeleisen enthielt, als anderes Holz desselben Stammes, so kann dieses auch davon herkommen, daß ein Theil dieses Holzes verbrannt und verflüchtigt wurde, und daß Schwefel und Eisen (Bestandtheile fast aller organischen Körper) zurückblieben und sich nun in größerer Menge auf dem übrigen gebliebenen Theile des Stammes anhäuften.

Blitzröhren.

Wenn der Blitz in die Tiefe dringt, so verändert und schmilzt er die Körper, durch welche er hindurchgeht, eben so wie wir dieses im Kleinen bei unseren Electrisirmaschinen sehen. Besonders im Sande wird der Weg des Blitzes häufig durch röhrenförmig geschmolzene Massen angedeutet, welche Blitzröhren (Fulguriten) heißen. Obgleich schon einzelne

men sehr häufig, ja fast täglich, so daß man dieselbe auch die Region der ewigen Gewitter nennen könnte.

Diese Gewitter, besonders dann, wenn sie von heftigen Stürmen begleitet sind, haben häufig den spanischen Namen Tornados oder Trovados; auf den Antillen, Isle de France und in Hindostan heißen sie Or cane (ouragans, hurricanes), in dem chineischen Meere Typhonen, stets aber erscheinen diese heftigen Winde als Begleiter von Gewittern, und es zeigen sich dabei noch so manche andere Eigenthümlichkeiten, daß es eine falsche Ansicht ist, wenn heftige, weit ausgedehnte Stürme, welche sich in höheren Breiten, besonders im Winter zeigen, Or cane genannt werden.

Sehr heftig sind diese Or cane an der Sierra-Leone-Küste im Anfange und am Ende der nassen Jahreszeit, also dann, wenn der Wechsel der Moussons Statt findet. Sie haben dann nach Winterbottom die größte Aehnlichkeit mit unseren Gewittern, selten halten sie hier länger als 20 Minuten oder eine halbe Stunde an, was auch der vielgewanderte Dampier bestätigt; aber die Scene, welche sie darstellen, gehört nach Winterbottom zu den erhabensten aber auch furchtbarsten in der Natur. Der Wind kommt so ganz unerwartet und raset mit einer solchen Wuth, daß die Schiffe dadurch in die größte Gefahr gerathen. So erhob sich nach der Erzählung von Dampier auf der Insel Antigua (Antillen) im August 1681 um 8 Uhr Morgens ein heftiger Or can, welcher bis zum folgenden Morgen um 4 Uhr anhielt. Der Capitän Gadbury, welcher die Ankunft des Or cans vermuthet hatte, war mit seinen Leuten ans Land gestiegen und schickte diese bei entstandener Windstille zum Schiffe, dieses indessen lag ganz auf der Seite und die Spitze des Mastes steckte im Sande. Bald darauf fing der Or can auf's Neue an, das Meer stieg dabei ungeheuer, Tonnen aus gestrandeten Schiffen wurden nach dem Or cane mehr als eine Viertelmeile weit im Lande gefunden, ein Schiff wurde weit auf das Land in einen Wald getrieben, während ein drittes auf einen frei stehenden Felsen 10 bis 11 Fuß hoch über dem höchsten Stande des Wassers zur Zeit der Fluth ruhte. Ein ähnliches tiefes Eindringen der See ins Land zeigte sich bei einem Or cane, welcher am Ende des October 1831 in Balasore in Hindostan

(21° 52' N, 86° 50' O von Greenwich) Statt fand und bei welchem wohl 10000 Menschen ihr Leben eingebüßt haben. Die Landstraße von Madras nach Calcutta geht durch Balasore; da wo sie etwa 9 (englische) Meilen von der Küste sich hinzieht, war das Meer darüber getreten und hatte alle lebenden Wesen mit sich fortgerissen, so daß eine Fläche von wenigstens 150 (englischen) Quadratmeilen 10 bis 15 Fuß unter Wasser stand. Das Meer drang selbst bis Balasore vor, und auch gegen Norden war die Ueberschwemmung nicht weniger bedeutend. Das Verdeck und ein Theil eines Schiffes lagen auf der Landstraße. Dieselbe Heftigkeit des Sturmes zeigte sich bei dem Or cane, durch welchen Guadeloupe am 25. Julius 1825 verheert wurde, denn es wurden hier drei Vierundzwanzigpfünder mit fortgeführt, ein Flügel eines auf Kosten des Staates mit der größten Solidität aufgeführten Gebäudes vollkommen zerstört und endlich ein Brett von Lannenholtz 57 Zoll lang, 9 Zoll breit und 10 Linien dick durch einen Palmbaum von 16 Zoll Dicke geschleudert.

Häufig giebt sich die Ankunft eines solchen Or canes durch ein Merkmal zu erkennen. An der Sierra-Leone-Küste z. B. läßt sich am östlichen Horizonte eine dicke Wolke sehen, die nach Winterbottom's Ausdrucke nicht größer ist als eine Mannshand, während Solberry von den Mündungen des Senegal bemerkt, daß sich in den höchsten Regionen der Atmosphäre plötzlich eine runde weiße Wolke zeige. Es zucken schwache Blitzstrahlen durch die Luft, welche schnell auf einander folgen, zwischen ihnen läßt sich mitunter in weiter Ferne der Donner hören. Die Wolken werden in der erwähnten Himmelsgegend dunkler und schwärzer, ihr Umfang wird immer größer, dabei wird der Donner stärker. Das Gewölk wird immer schwärzer und endlich hüllt sich der ganze Himmel in ein mitternächtliches Dunkel, das mit der Helligkeit, welche noch am westlichen Himmel vorhanden ist, einen schauerhaften Contrast bildet. Unmittelbar zuvor, ehe der Or can losbricht, weht entweder ein ganz gelindes, kaum bemerkbares Lüftchen aus Westen, oder, was noch öfter zu geschehen pflegt, die Luft ist vollkommen ruhig und es herrscht überall eine ungewöhnliche Stille, zuweilen kleine schwache Wirbelwinde. Dabei sinkt dann meistens die Temperatur sehr schnell.

Zwei Umstände sind es noch, durch welche diese Gewitterstürme characterisirt werden. So groß auch ihre Heftigkeit ist, so zeigen sie sich doch häufig nur auf einem kleinen Raume, in der Entfernung von 10 oder weniger Meilen herrscht dann nicht selten völlige Windstille. Sodann finden wir bei ihnen meistens eine Aenderung der Windrichtung. Nicht selten geschieht es, daß der Wind in kurzer Zeit ziemlich regelmäßig die ganze Windrose durchläuft.

Meistens zeigen sich die Gewitter und die Orcane zur Zeit der größten Tageswärme, eben so wie dieses auch in höheren Breiten der Fall ist. Nur im Innern der Länder, namentlich, wenn diese bergig sind, kommen auch nächtliche Gewitter vor. Dieses ist z. B. nach den Erfahrungen von Caillé auf den Gebirgen, welche südlich vom westlichen Theile der Sahara liegen, und eben so nach denen von Eschwege in Brasilien der Fall, und letzterer bemerkt, man könne sich gar keine Vorstellung von der Heftigkeit eines nächtlichen Gewitters in den Urwäldern Brasiliens machen.

Wir fehlt es ganz an Thatfachen, um zu bestimmen, wie groß die Zahl der Gewitter während des Jahres in verschiedenen Gegenden sey; nur soviel geht aus den Erfahrungen der Reisenden hervor, daß sie sich besonders dann zeigen, wenn die Regelmäßigkeit der Passate in Folge der Stellung der Sonne verschwindet, oder wenn die Moussons mit einander wechseln.

Da wo auf dem hohen Meere die Passate mit Regelmäßigkeit wehen, scheinen die Gewitter eben so selten zu seyn, wie die Regen; ich erinnere mich kaum eines Reisenden, welcher hier ein heftiges Gewitter erwähne. Auf Madeira scheinen die Gewitter besonders im Winter vorzukommen, aber dieses ist die Jahreszeit, in welcher die Gränge des Nordostpassates in der Gegend dieser Insel fortläuft, und bei dem Kampfe, welcher hier nun zwischen dem herabsinkenden Südwest- und dem Nordostpassat entsteht, sind electriche Explosionen häufig.

Gewitter in höheren Breiten.

In demjenigen Theile Europa's, welcher nördlich von den Alpen liegt, finden wir die Gewitter nur vorzugsweise in der heißen Jahreszeit, jedoch auf eine ähnliche Weise, als wir dieses

bereits oben von den Regen überhaupt sahen, finden wir eine regelmäßige Aenderung in ihrer Zahl und ihrer Vertheilung, wenn wir von den Küsten des atlantischen Meeres nach dem Innern des Festlandes gehen. Nur Gebirgsgegenden machen hier eine Ausnahme, indem besonders an den westlichen Abhängen der Berge die Gewitter häufiger sind, als auf den Ebenen. An der Westküste Europa's finden wir im Laufe des Jahres etwa 20 Gewitter, nahe eben so groß ist die Zahl derselben in Deutschland; in Petersburg und Moskau finden wir im Mittel etwa 17 Gewitter, in Kasan 9, in Nertschinsk 3 und in Irkutsk etwa 8. Bezeichnen wir eben so, als es oben beim Regen geschah, die Zahl der Gewitter im Laufe des Jahres mit 100, so finden wir folgende Vertheilung derselben nach den Jahreszeiten:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Westliches Europa	8,9	17,7	52,5	20,9
Schweiz	0,4	20,6	69,0	10,0
Deutschland	1,4	24,4	66,0	8,2
Innere von Europa	0	15,7	79,3	5,0

An der Westküste Europa's finden wir also im Winter noch fast $\frac{1}{10}$ aller während des Jahres vorkommenden Gewitter und im Sommer die Hälfte derselben. In der Schweiz und in Deutschland gehören Wintergewitter schon zu den Seltenheiten, etwa $\frac{2}{3}$ derselben ereignet sich während des Sommers. Im Innern des alten Continents fehlen die Wintergewitter ganz, mehr als $\frac{3}{4}$ derselben zeigen sich im Sommer, und die geringe Anzahl derer, welche sich während des Frühling und Herbstes ausbilden, kommen auch nur in den wärmeren Monaten dieser Jahreszeiten zum Ausbruche, so daß wir hier mehr als die Hälfte des Jahres als völlig gewitterarm ansehen müssen.

Gewitter in Scandinavien.

So wie die Regenverhältnisse uns nirgends in Europa einen so schnellen Uebergang vom Seeklima zum Continentalclima zeigen, als in Scandinavien, so und noch mehr gilt dieses von den Gewittern. Man übersieht dieses besonders dann, wenn man die einzelnen Orte vergleicht, wie folgende Tafel zeigt.

Monat	Bergen	Söndmör	Spydberg	Stockholm	Skara
Januar	1,3	0,2	0	0	0,1
Februar	1,3	0,2	0	0	0
März	0,1	0	0	0	0
April	0,2	0,2	0	0,2	0
Mai	0	0,1	0,7	0,8	0,9
Junius	0,2	0,3	2,7	1,9	2,0
Julius	0,8	0,5	2,3	2,4	3,8
August	1,0	0,1	1,7	3,6	1,9
September	0,5	0,1	0,3	0,7	0,4
October	0	0,6	0	0	0
November	0,4	0,6	0	0	0
December	0	1,0	0	0	0
Jahr	5,8	3,9	7,7	9,3	9,2
Winter	44,8	35,6	0	0	0,1
Frühling	5,2	8,9	8,7	10,8	10,4
Sommer	34,5	22,2	86,9	81,7	83,5
Herbst	15,5	33,3	4,4	7,6	5,9

Die Zahl der Gewitter ist hier überhaupt schon sehr klein, indem dieselbe während des Jahres durchschnittlich noch nicht 10 beträgt; die Vertheilung derselben aber weicht im Innern des Landes sehr von der an der Küste ab. So wie in Bergen die Winterregen ein bedeutendes Uebergewicht über die Sommerregen haben, so finden wir hier sowohl als in Söndmör in Bergen's Stift vorherrschende Wintergewitter, aber noch in Norwegen selbst finden wir tiefer landeinwärts in Spydberga dieselben Verhältnisse, welche wir in Rußland erhielten, eben so wie dieses in Stockholm und Skara der Fall ist. Ueber diese Wintergewitter an der Westküste von Norwegen, besonders in Bergen's Stift, haben uns Ström, Areng und Herzberg interessante Nachrichten mitgetheilt. Es entstehen dieselben eben sowohl nach einem starken Froste, der einige Wochen gedauert hat, als nach langem Thauwetter, milder Luft, starkem Regen und Südwind, in beiden Fällen aber kommen sie constant aus W und SW; ja Ström bemerkt, daß man stets auf ein Gewitter rechnen könne, wenn der Wind schnell aus SW nach W oder NW gehe. Diese Gewitter sind stark auf den Inseln, welche

dem freien Meere am nächsten liegen, schwächer sind sie schon im Innern der Fiorde, und im Lande sind sie unbekannt. Zugleich aber zeigen die mitgetheilten Größen, daß dort auch Gewitter im Sommer vorkommen.

Die Wintergewitter scheinen sich überhaupt an steil ansteigenden Küsten zu zeigen. So sind in Island Donner und Blitz am häufigsten im Winter, besonders in der Nähe der Vulcane, auf den Färöern finden die Gewitter nur im Winter bei starkem Sturme Statt. Dasselbe gilt von den Hebriden, den Schetlands-Inseln und den Orkney's. Auch an der Westküste von Nordamerica zeigen sich die Gewitter vorzugsweise im Winter, und eben dieses scheint vom Ostrande des adriatischen Meeres zu gelten.

War die Zahl der Gewitter in Scandinavien in Vergleich mit Deutschland und Frankreich schon klein, so scheint ihre Abnahme immer größer zu werden, je weiter wir nach Norden gehen, die Menge der Dämpfe in der Atmosphäre wird kleiner, und die wichtigste Bedingung, schneller Niederschlag einer großen Dampfmenge, findet seltener Statt. So hat Giesecke, welcher sich sechs Jahre in Grönland in einer Breite von 70° aufhielt, in dieser ganzen Zeit nur ein einziges Gewitter bemerkt, und mehrere Reisende sprechen ebenfalls über diese große Seltenheit der Gewitter.

Gewitter am Nordrande des Mittelmeeres.

Mehrere unter den Alten haben bereits die Jahreszeiten erwähnt, in denen sich die Gewitter in Italien zeigen, und dieselben mit ihren Ansichten über die Entstehung derselben in Verbindung gesetzt. So hat Lucretius in seinem Gedichte die Hypothese aufgestellt, daß heftige Winde dazu erforderlich wären, die Elemente des Feuers aus den Wolken herauszupressen und leitet daraus die Vertheilung der Gewitter während des Jahres nach Knebel's Uebersetzung mit folgenden Worten ab:

Immer am häufigsten wird im Herbst das sternengezierte
Himmels Haus und der Kreis der Erd' erschüttert vom Donner.
Auch wenn die holde Zeit des blühenden Lenzes sich aufschließt
Feuer fehlt im Winter, im Sommer fehlen die Winde,
Und der Wolken Gehalt ist dann vom Bestande so dicht rät.
Ist nun zwischen den beiden die Himmelszeit in der Mitte,
Dann trifft jeglicher Grund zur Erzeugung des Blitze zusammen:

Denn bei dem Untergange des Jahres vermischte sich mit Kälte Hitze; die beide zusammen zum Schmieden des Winters vornehmten: Daß durch inneren Zwist mit Wuth aufwalle der Luftkreis, Unter empörtem Geräusche des Windes sowohl als des Feuers. Nun ist die Frühlingszeit des Frostes Ende, der Wärme Anfang; Streit daher muß unter den Dingen entstehen Ungleichartig in ihrer Natur, die, gemischt, sich bekämpfen. Geht nun der Sommer zu End' und beginnt von Neuem der Winter, Dann erscheinet die Zeit, die Herbst man pfleget zu nennen; Und aufs Neue bekämpfen sich dann der Frost und die Hitze; Daher könnten sie heißen des Jahres kriegsführende Zeiten.

Damit stimmen auch die Bemerkungen von anderen römischen Schriftstellern überein, und etwas Aehnliches sagen die Griechen von ihrem Vaterlande, was durch die neueren Erfahrungen von Pexier bestätigt wird. Aber so wie wir in Italien eine große Verschiedenheit der Regenverhältnisse angetroffen haben, eben so und noch mehr gilt dieses wahrscheinlich von der Vertheilung der Gewitter während des Jahres. Leider besitzen wir hierüber wenige Aufzeichnungen. Wir sind nur die aus Palermo, Rom und Padua bekannt, denen ich noch die Erfahrungen von Pouqueville zu Janina hinzufüge.

	Padua	Rom	Palermo	Janina
Januar	0,1	1,1	0,4	1,2
Februar	0,5	1,6	0,7	1,6
März	1,2	1,7	0,6	1,6
April	2,7	1,6	0,7	3,1
Mai	5,3	3,8	0,8	7,4
Junius	8,5	5,3	0,8	5,8
Julius	9,5	3,7	0,7	6,6
August	7,9	5,8	0,8	5,2
September	3,6	6,4	1,5	3,1
October	1,8	5,4	3,0	3,7
November	0,8	3,9	2,4	3,1
December	0,2	2,1	1,1	2,6
Jahr	41,9	42,4	13,5	45,0
Winter	9,8	11,2	14,8	12,0
Frühling	21,7	16,8	15,9	26,9
Sommer	61,8	34,9	21,5	39,1
Herbst	14,7	37,1	47,8	22,0

Im nördlichen Italien so wie in Griechenland finden wir jährlich etwas mehr als 40 Gewitter, die doppelte Anzahl als in Deutschland; in Palermo dagegen ist diese Größe zu etwa einem Drittel derselben herabgesunken, der Himmel ist hier weit heiterer und wegen des lebhaftern Verkehrs mit der trockenen Luft Africa's ereignen sich Niederschläge überhaupt seltener, Regen fällt hier nur jährlich an 64 Tagen, in Rom und Padua dagegen an 120 Tagen herab. Dabei sind die Gewitter in Palermo im Herbst am häufigsten, während sich in Rom kaum ein Unterschied zwischen Herbst und Sommer zeigt, und die Vertheilung derselben in Padua ganz an Deutschland erinnert. Da sich nun die Schilderungen der Alten auf Rom beziehen, so ist die Abweichung allerdings bedeutend. Dieser Widerspruch findet vielleicht seine Lösung darin, daß die Gewitter im Herbst in jenen Gegenden weit heftiger und anhaltender sind, als in den übrigen Jahreszeiten und daß diese daher nur vorzugsweise von den Alten beachtet wurden.

Ausbildung der Gewitter.

Man kann die Gewitter in zwei Hauptklassen theilen, sie entstehen nämlich entweder vorzugsweise in Folge eines aufsteigenden Luftstromes, oder sie sind Begleiter eines Kampfes zwischen entgegengesetzten Winden. Erstere erscheinen fast nur in der warmen Jahreszeit, zu letzteren gehören besonders die Wintergewitter. Ich will hier zunächst die ersteren betrachten.

Zur vollständigen Ausbildung eines Gewitters im Sommer ist in unseren Gegenden eine große Ruhe der Atmosphäre, ein mehr oder weniger feuchter Boden und heiteres Wetter erforderlich. Diese Ruhe der Luft erstreckt sich jedoch nicht bis zur Gränze der Atmosphäre, denn meistens sinkt das Barometer schon einen oder mehrere Tage langsam, ein Beweis, daß dort Luft abfließt; die Cirri, welche sich dort anfänglich einzeln zeigen, ziehen mit schwachen südwestlichen Winden. Unter den erwähnten Umständen erhalten die Luftmassen am Boden eine lebhafte Steigkraft, welche um so größer wird, da die hohe Temperatur, welche wir dann oft wahrnehmen, nur den unteren Schichten eigen zu seyn scheint; denn vergleichen wir gleichzeitige Messungen der Wärme an hoch und tief liegenden Punkten, so finden wir

an Gewittertagen meistens eine ungewöhnlich schnelle Abnahme der Wärme nach der Höhe. Dabei werden die Dämpfe in der Höhe condensirt und wenn sie hinreichend hoch gestiegen sind, so vergrößern sie das Volumen der Cirri, sie werden also zu kleinen Schneeflocken condensirt. Gleichzeitig bilden sich dann in der Tiefe Cumuli, welche allmählich in dichte Wolken übergehen, wobei nicht selten die Temperatur sinkt, indem zunächst die Einwirkung der Sonne auf den Boden und die Luft aufhört.

Es ist unter diesen Umständen recht wohl möglich, daß die Wolken sich wieder allmählich auflösen, denn von allen Seiten bewegt sich warme Luft gegen die Wolken, und wenn die ankommenden Massen hinreichend trocken sind, nehmen sie alle Dämpfe auf. Aber besteht auch noch anfänglich ein Gleichgewicht in der ganzen Atmosphäre, so ist dieses doch so beschaffen, daß es nur einer geringen Ursache bedarf, um aufgehoben zu werden. Es ist ganz etwas Aehnliches, als wenn wir es versuchen, ein Ei auf die Spitze zu stellen, zwar vermögen wir es zu thun, aber die geringste Erschütterung bewirkt, daß es umfällt. Und die Möglichkeit zu solchen Störungen des Gleichgewichtes liegt in der ganzen Masse selbst. Denn da die ganze unter dieser Wolkenschicht liegende Luftmasse wegen gehinderter Einwirkung der Sonne kälter ist, als umher, so finden wir in der Höhe warme Luftströme gegen die Wolken (was man fast stets an der Bewegung kleiner Wölkchen sieht), während am Boden nach allen Seiten Luftströmungen vom Gewitter ausgehen. Ist die Temperaturdifferenz groß, dann werden diese Winde lebhaft, und erstreckt sich nun die Bewegung der Luft weiter in die Höhe, so stürzen von hier kalte Luftmassen in die Tiefe, welche eine schnelle Condensation der Dämpfe bewirken und zur Entwicklung einer starken E. mitwirken. Nähert sich eine solche Masse dem Zenith, so hört das Sinken des Barometers auf, dieses steigt um einige Zehntel einer Linie, fängt aber sogleich wieder an zu sinken, wenn sich das Gewitter entfernt hat. Gewitter dieser Art ereignen sich meistens um die Zeit der größten Tageswärme; es wird später die Luft wieder heiter, aber mehrere Tage hinter einander wiederholt sich der Vorgang auf die angegebene Weise, indem sich Gewitterwolken bilden, die freilich nicht immer zum Aus-

bruche kommen, bis endlich die ganze Windrichtung und Witterungsbeschaffenheit geändert wird.

Diese Periodicität der Gewitter, auf welche Volta zuerst im nördlichen Italien aufmerksam wurde, die sich aber auch in unseren Gegenden mehr oder weniger deutlich zeigt, findet nicht Statt bei der zweiten Klasse von Gewittern. Auch hier zeigen die Cirri, deren Bildung stets vorhergeht, südliche Winde in der Höhe an, und diese zeigen sich auch oft am Boden. Aber diese südlichen Winde finden an nördlichen einen Widerstand, an der Stelle, wo beide mit Heftigkeit zusammentreffen, findet plötzliche Wolkenbildung und ein Gewitter Statt. Erscheinungen dieser Art zeigen sich meistens auf einem schmalen Raume von bedeutender Länge, und hier sind sogenannte Wolkenbrüche ein häufig vorkommendes Ereigniß. Auch ein solcher Kampf kann sich zuweilen mehrere Tage hinter einander wiederholen; so war dieses im Julius 1834 in Halle vom Montage bis zum Sonnabend der Fall. Das Resultat dieses Kampfes bestimmt dann auf einige Zeit den Character der Witterung. Siegen die südlichen Winde und sinkt das Barometer noch ferner, dann folgt schwüle, regnerische Witterung; siegen dagegen die nördlichen Winde, dann zeigt sich anfänglich Abnahme der Wärme, die jedoch in Folge der heitern Witterung bald wieder steigt.

In allen diesen Fällen ist also eine schnelle Condensation der Dämpfe nöthig, damit ein Gewitter entstehe; ist die dadurch gebildete E. hinreichend stark, so findet ein eigentliches Gewitter Statt, wo nicht, so finden wir nur Regenschauer mit einer sehr starken Electricität. Betrachten wir ferner alle Erscheinungen, welche die E. uns in ihrer Wirkksamkeit zeigt, so müssen wir die Condensation der Dämpfe selbst als Ursache derselben ansehen und nothwendig folgern, diese Electricität werde durch das Gewitter erzeugt, nicht aber, wie gewöhnlich gesagt wird, das Gewitter durch die Electricität. Heftige Regen auch ohne Donner und Blitz unterscheiden sich von den Gewittern nur durch den Mangel der letzteren, aber stets ist bei ihnen die Electricität hinreichend groß, ohne daß es zu einem Blitze kommt.

Höhe der Gewitterwolken.

Die Cirri sind unter allen Umständen stets bei Gewittern im Sommer vorhanden, sie bilden den Anfang derselben, und wenn sie dichter werden, wenn unter ihnen sich ein oder mehrere Schichten von Cumulis befinden, dann erfolgen nicht selten die Blitze bloß zwischen ihnen. Wir müssen daher den Gewittern eine bedeutende Höhe geben. Diese Behauptung weicht freilich sehr stark von dem ziemlich häufig verbreiteten Glauben über die geringe Höhe der Gewitterwolken ab. Reisende erzählen nicht selten, daß sie auf dem Brocken und Bergen von noch geringerer Höhe Gewitter unter sich gesehen haben. Ob sie dann aber auch wohl gleichzeitig heitern Himmel über sich gehabt haben? Jeder beachtet beim Gewitter nur die eigentliche Explosion, aber fast Keiner das Ansehen des Himmels mehrere Stunden vor demselben. In den Alpen habe ich nie Gewitter unter mir gehabt, häufig sah ich die ganze Masse über mir, zuweilen war ich auch wohl von dichten Nebeln eingehüllt, Donner und Blitz waren ganz nahe, aber diese Nebel bildeten nur einen und zwar höchst untergeordneten Theil des ganzen Phänomenes, die Hauptmasse befand sich bedeutend höher und die Blitze gingen wahrscheinlich von diesen tiefen Wolken nach oben.

Diese tiefen Wolken, welche man nicht selten zur Zeit von Gewittern auf der Spitze niedriger Berge sieht, bilden sich meistens erst mit unglaublicher Schnelligkeit, wenn sich das Gewitter nähert, und rauben dadurch dem daselbst befindlichen Beobachter den Ueberblick über den ganzen Vorgang. Ich selbst habe öfter Gelegenheit gehabt, die Bildung derselben zu beobachten. So war, um nur ein Beispiel zu erwähnen, während meines Aufenthaltes auf dem Rigi der Himmel fast seit dem Morgen mit Cirris bezogen, welche gegen Mittag immer dichter wurden, Cumuli zogen einzeln über mir fort. Am Nachmittage bildete sich über dem Thale von Sarnen in seinem obern Theile ein Gewitter aus, ich hörte an meinem Standpunkte den Donner sehr schwach, und es fielen in jener Gegend Regen herab, die ziemlich dicht zu seyn schienen. Dabei war der Rigi von Wolken frei, nur auf dem Pilatus zeigten sich zuweilen solche; nach längerer Dauer rückte das Gewitter nach Norden, die Hauptmasse des

Gewitters lag augenscheinlich höher als die Spitzen des Pilatus. Aber bei größerer Nähe des Gewitters zeigte sich an diesem Berge die Wirkung des herabsinkenden kalten Luftstromes. Nicht bloß vermehrten sich die Wolken an seiner Spitze sehr schnell, einzelne Massen rollten auch an seinen Wänden mit unglaublicher Schnelligkeit nach unten, völlig colossalen Kugeln gleichend, die sich nach unten bewegen, nur ganz in der Tiefe verschwanden die sich nach unten bewegen, nur ganz in der Tiefe verschwanden die Wolken und bewegten sich seitwärts fort. Dabei wurde der Donner stärker. Wenige Minuten und die Oberfläche des Vierwaldstätter Sees wurde an dem Winkel zwischen der Luzerner und Alpnacher Arme lebhaft gekräuselt. Schnell breitete sich diese Unruhe des Wassers mit der Annäherung des Gewitters gegen den Rigi aus, und an dem Abhange wurden an der Rigi-Staffel einzelne Wolken sichtbar, welche jedoch anfänglich verschwanden. Dabei wurde der Wind auf dem Rigi-Culm lebhafter; bald drängten die Wolken vom ganzen westlichen Abhange in größerer Masse in die Höhe, das Gewitter stand meinem Scheitel näher, scheinbar noch in bedeutender Höhe; wenige Minuten vergingen, so waren auf der ganzen Rigi-Fläche die Wolken bis zu meinem Standpunkte gerollt, ich saß im dichten Nebel und Donner und Blitz waren in der Nähe; Reisende sagten mir nachher, sie hätten die Wolken mehr als tausend Fuß unter der Spitze angetroffen *). Wollte man nur auf diese unteren Wolken, eine Folge des schon ausgebildeten Gewitters, Rücksicht nehmen, so könnte man diesem Gewitter eine Höhe von höchstens 4000 Fuß geben, aber eine Beachtung des vorhergehenden Zustandes zeigte, daß die eigentliche Wolkenmasse höher als der Pilatus (6550 Fuß) war.

Wären in Gebirgsgegenden die Gewitter überhaupt so niedrig, als oft von Reisenden angegeben wird, dann könnten sie nicht mit der Leichtigkeit über die Höhen fortziehen, als wir dieses so häufig sehen. Versichern doch die Bewohner des Chamonithales, daß die Gewitter zuweilen über den Montblanc gehen. Ich habe vom Faulhorne ein Gewitter gesehen, welches im obern Wallis Statt fand, der obere Rand der dichten Wol-

*) Zwischen dem Unterbächli (2935 Fuß) und Maria zum Schnee (4035 Fuß). Höhe des Rigi-Culmes 5550 Fuß.

kenmasse hatte eine scheinbare Höhe, welche größer war als die Spitze des Finsteraarhornes, aber ganz deutlich zeigte sich diese wolkenfrei. Bei einem andern sehr weit ausgedehnten Gewitter, welches ich von der Spitze dieses Berges sah, schien die untere Fläche der Wolken ziemlich gleichförmig, Faulhorn, Schwarzhorn und Niesen im Berner Oberlande, so wie der Pilatus in der nördlichen Schweiz waren völlig rein von Wolken, an der Kette zwischen Wallis und Bern zeichnete sich der untere Wolkenrand ziemlich genau als horizontale Linie ab, unter welcher eben die Silberhörner der Jungfrau erschienen, so daß wir dem Gewitter eine Höhe von wenigstens 10000 Fuß geben müssen.

Zuweilen kann man die Höhe des Gewitters annähernd bestimmen. Wenn nämlich Blitze fast in horizontaler Richtung fortziehen, so misst man das Intervall zwischen Donner und Blitz. Da nun der Schall in der Secunde einen Weg von etwa 1000 Fuß zurücklegt, darf man nur die Anzahl zwischen Blitz und Donner verfloßener Secunden mit 1000 multipliciren, um die Entfernung des Blitzes vom Beobachter zu finden. Hat man dann annähernd den Höhenwinkel des Blitzes bestimmt, so ergibt sich daraus die verticale Höhe des Blitzes, und wenn letzterer als ein deutlicher Strahl erschien, so giebt diese Größe die untere Gränze der Wolken an. So fand ich im Jahre 1834, wo überhaupt die Gewitter in Halle eine bedeutende Höhe hatten, am 5. Julius Blitze zwischen 5800 und 9500 Fuß Höhe, am 21. Julius war das Minimum bei einigen durch das Zenith gehenden Blitzen etwa 4000 Fuß.

Wenn demnach Gewitter zuweilen eine so geringe Höhe zu haben scheinen, so müssen wir nothwendig annehmen, daß die Wolken, welche wir sehen, erst dann gebildet wurden, als bereits eine oder mehrere Schichten in einer weit bedeutenderen Höhe vorhanden waren, welche der Hauptsache nach das Gewitter ausmachen. Bei der Schnelligkeit, mit welcher diese unteren Wolken häufig entstehen, besitzen sie nicht selten eine große Menge von E, welche sich nun durch Explosionen offenbart; auch ist eben dieses in Folge der electricischen Vertheilung möglich, welche diese Wolken von dem ganzen übrigen Systeme nothwendig erfahren müssen.

Electricität der Gewitter.

Obgleich das Gewitter von andern Niederschlägen durch die starke Electricität characterisirt wird, obgleich so viel von der Wirkung derselben gesprochen wird, so ist doch dieses der dunkelste und unentwickelteste Punkt bei dem ganzen Vorgange. Man stellte sich an ein Electrometer und beobachte seine Angaben von der Ankunft des Gewitters bis zu seinem Ende etwa von Minute zu Minute, so wird man sehen, welcher Wechsel alsdann Statt findet. Schon blizt es in der Nähe, die empfindlichsten Instrumente zeigen keine Spur von electricischer Spannung, diese nimmt erst in Folge eines starken Blitzes mit Schnelligkeit zu; an einem andern Tage kommt das Gewitter mit großer Electricität an, es folgen einige Blitze, die Pendel des Electrometers fallen zusammen, und einige Zeit vergeht, ehe sie sich wieder von einander entfernen. Heute sehen wir einen beständigen Wechsel in der Stärke der E, jeder Blitz ändert die Spannung derselben, morgen bleibt die vom Electrometer angegebene Divergenz wohl eine Viertelftunde dieselbe, obgleich es während dieser Zeit sehr häufig blizt. Bei einem Gewitter gehen die Pendel schnell aus einander, es folgt ein Blitz und sie fallen zusammen; bei einem andern hängen sie fast vertical, es blizt und plötzlich erreicht ihre Divergenz einen hohen Grad, worauf sie langsam sinken, bis ein neuer Blitz sie wieder aus einander treibt. Längere Zeit ist die Electricität positiv und schwankt nur in ihrer Stärke; Regen, Wolkenzug, Wind, Verhalten der Blitze u. s. w. bleiben unverändert, aber bald langsam, bald schnell fallen die Pendel zusammen und gehen nun mit — E aus einander, worauf nach einiger Zeit wieder + E folgt.

Vergleicht man alles das, was von verschiedenen Beobachtern über die E bei Gewittern gesagt worden ist, so erkennt man sehr bald, daß dieses vielleicht das am meisten verwickelte Phänomen in der ganzen Meteorologie ist, und ich bezweifle, daß man bald dahin gelangen werde, den Vorgang im Einzelnen zu erklären. Es genügt schon ein einzelner Beobachter nicht, den ganzen Verlauf zu verfolgen. Um hier auf's Reine zu kommen, muß Electricität, Windrichtung, Bewegung und Gestalt der Wolken, Stärke der Regentropfen und Richtung, in welcher sie

fallen, Gestalt und Ort der Blitze, Divergenz des Electrometers beobachtet werden, aber jedes dieser Phänomene nimmt bei diesem Vorgange schon die Aufmerksamkeit eines einzelnen Beobachters in Anspruch, um so lückenhafter muß also dasjenige seyn, was ein einziger Beobachter sieht, der noch obendrein einige Zeit dazu verbraucht, um das Gesehene niederzuschreiben. Da ferner jeder Beobachter nur die Gesamtwirkung aller einzelnen Punkte wahrnimmt, so müßte ein ähnliches Verfahren angewendet werden, als bei allen übrigen Erscheinungen, wo mehrere Kräfte zugleich wirken, es müßten nämlich gleichzeitig mehrere Beobachter an verschiedenen Punkten die Angaben des Electrometers in kleinen Intervallen aufzeichnen und diese unter sich und mit den übrigen Einzelheiten des Vorganges vergleichen.

Alle diese Verschiedenheiten rühren unstreitig davon her, daß wir bei dem Gewitter mehrere Volkenschichten haben, welche in Gemeinschaft mit dem Boden auf einander einwirken und deren Electricitäten sich gegenseitig binden, in Folge eines Blitzes oder eines neuen Niederschlages von Dämpfen aber wieder frei werden. Man ist gewohnt, das Gewitter als die mächtigste Wirkung der Electricität auf unserer Erde anzusehen, daß es demjenigen, welcher nicht hinreichend mit den Gesetzen der E vertraut ist, fast unmöglich scheint, daß sich oft gar keine Spannung von E zeigt, während es lebhaft blitzt und donnert. Und doch zeigt uns die Electrification durch Vertheilung ähnliche Beispiele im Kleinen. Nachdem man eine Leydener Flasche geladen hat, isolirt man dieselbe und prüft ihre äußere Belegung mit dem empfindlichsten Electrometer, sie zeigt keine Spur von E, und doch hat sie eine große Menge davon, es wird dieselbe nur von der entgegengesetzten E der inneren Belegung gebunden, diese letztere zeigt freie E; nähern wir derselben den Finger, so erhalten wir einen Funken, ihre überschüssige nicht von der äußeren Belegung gebundene E geht in den Boden; da aber nun auf letztere nicht mehr eine so große Menge von E einwirkt, als vorher, so wird ein Theil von ihr frei und wirkt auf das Electrometer, während die innere Seite jetzt keine Wirkung darauf äußert; dieses geschieht erst wieder, wenn die äußere Seite ableitend berührt wird. Diese abwechselnden Contacte kann man sehr oft wiederholen, stets wird die Seite electrisch, welche sich

noch so eben im natürlichen Zustande zu befinden schien. Hängen wir die Flasche etwa horizontal an Seidenfäden auf und stellen in die Nähe des unbelegten Theiles derselben ein Electrometer, so ändert sich dieses bei jedem Contacte, genau so als während eines Gewitters, nur mit dem Unterschiede, daß hier nicht bloß zwei Belegungen, sondern eine größere Zahl derselben vorhanden ist, wodurch das Phänomen verwickelter wird, zumal da jeder heftige Windstoß aufs Neue Dämpfe condensirt und dadurch Electricität erzeugt.

Von der Wirkung dieser unaufhörlich erfolgenden Condensationen kann man sich fast bei jedem Gewitter überzeugen. Es liegt sich in der Nähe des Scheitels ein heftiger Blitz, kurz darauf fällt mit dem Beginne des Donners, häufig kurz vor, seltener nach demselben ein heftiger Regen (oder Hagel) herab, die Tropfen sind stark gegen den Horizont geneigt, kehren aber allmählich in die Verticale zurück. Man pflegt in diesem Falle zu sagen, dieser Regen sey durch Einwirkung des Blitzes auf die Wolke erzeugt, aber umgekehrt condensirte ein heftiger Windstoß sehr schnell die Dämpfe zu großen Tropfen und trieb sie fast in horizontaler Richtung fort, dabei wurde so viel E frei, daß ein Blitz erfolgte. Daß die Bildung des Regens dem Blitze vor dem ging, geht daraus hervor, daß die Tropfen häufig vor dem Donner zum Boden gelangen; da letzterer sich in einer Secunde durch einen Weg von etwa 1070 Fuß bewegt, so hätten die Regentropfen mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1000 Fuß herabfallen müssen, falls sie eine Wirkung des Blitzes seyn sollten, eine Geschwindigkeit, welche sie nicht einmal am Ende ihrer Bahn erreichen.

Zu allen diesen Thatsachen gesellt sich noch der Umstand, daß die Gewitter sich häufig auf einem Raume vieler Meilen zeigen und daß die Electricität aller einzelnen Theile in einem innigen Zusammenhange steht; der Beobachter auf der Ebene hat meistens nicht den hinreichend weiten Gesichtskreis, um den Vorgang wahrzunehmen, und auf den Bergen ist er gewöhnlich von dichten Nebeln umschlossen. Durch den glücklichen Umstand, daß bei einem Gewitter, welches ich am 13. August 1833 auf dem Faulhorne sah, die niedrigen Wolken fehlten, wurde es mir möglich, eine der großartigsten Erscheinungen dieser Art zu sehen.

SW vor, so wird nun die Witterung regnerisch. Bei diesen Gewittern zeigt sich nicht selten eine solche Verwirrung in Luftströmen, die in verschiedenen Richtungen Statt finden, daß man nur durch anhaltende Aufmerksamkeit dieselbe entwirren kann, ja es geschieht wohl, daß genauere Beobachtungen eine ganz andere Richtung angeben, als eine bloß oberflächliche Betrachtung des Vorganges. Selten habe ich dieses so schön gesehen, als bei einem sehr heftigen Gewitter am 21. Julius 1854. Bei den östlichen Winden, welche in jenem durch seine Hitze bekannten Sommer geherrscht hatten, war der Himmel mehrere Tage heiter gewesen, aber das Barometer sank langsam. Am Morgen jenes Tages zeigten sich verwischene Cirri, der Himmel hatte ein mattes Ansehen, besonders am westlichen Theile. Dichter und dichter wurden dieselben, der Sonnenschein immer matter, während der östliche Himmel selbst am Horizonte ziemlich rein blieb. Nach 4 Uhr verschwand die Sonne hinter den dichten Cirris und die bläulichen, Gewitter drohenden Wolken rückten aus W schnell bis in die Nähe des Zenithes und über dasselbe hinaus. Bald begannen die Explosionen, heftiger Regen und Hagel stürzten herab, bald mehr bald weniger schnell bewegten sich die Wolken. Dabei war es längere Zeit ganz deutlich, wie die Bewölkung zwar mit Schnelligkeit von W nach O weiter rückte, wie aber doch die Hauptmasse der Wolken sich mit östlichen Winden bewegte. Unstreitig vermischten sich die aus W kommenden Dämpfe mit den aus O herbeidringenden Luftmassen; die tiefer fortzuziehen schienen, wurden condensirt, aber jedesmal zurückgeworfen. Obgleich das ganze Phänomen ein Resultat des Kampfes entgegengesetzter Winde war, so ließ sich doch zugleich erkennen, daß die Heftigkeit des Streites bald hier bald dort größer war, wie damit eine lebhafte Condensation der Dämpfe verbunden war und wie dadurch eine starke E entwickelt wurde. Man sah nämlich eine lebhafte Bewegung der Wolken an einer Stelle, sie drehten und wanden sich und wurden schnell dunkler. Mehrere Minuten hindurch folgte an dieser Stelle Blitz auf Blitz und seltener wurden die Explosionen in einer andern Himmelsgegend. Kurz darauf zeigte sich das Phänomen auf dieselbe Art an einer zweiten bedeutend entfernten Stelle des Himmels und an der ersten hörten nun die Explosionen auf.

Auf dieselbe Art entstehen alle Wintergewitter im Kampfe zweier heftigen Winde, besonders dann, wenn ein Sturm aus SW mit schnell sinkendem Barometer von einem heftigen entgegengesetzten Winde zurückgetrieben wird. Dann ist der Moment des Gewitters auch meistens der Zeitpunkt, von welchem an das Barometer wieder steigt. Selten aber werden diese Gewitter in unseren Gegenden stets seyn, da die Luft zu wenig Dämpfe enthält, um eine hinreichend starke E zu entwickeln; nur in der Nähe der Küsten, wo die Temperatur im Winter höher, die Dampfmenge größer ist als im Innern des Landes, sind sie häufiger, stets aber dauern sie nur kurze Zeit, da der geringe Vorrath von E bald erschöpft und das electrische Gleichgewicht wieder hergestellt wird.

Wetterleuchten.

Stehen Gewitter niedrig am Horizonte, so bemerkt man besonders am Abend und während der Nacht sehr häufig lebhafte Blitze, während man keine Spur von Donner bemerkt, indem die Entfernung vom Beobachter so groß ist, daß die Schallschwingungen nicht mehr die genügende Stärke besitzen, um auf das Ohr einen hinreichenden Eindruck zu machen. Selbst dann, das Ohr einen hinreichenden Eindruck zu machen. Selbst dann, wenn die Blitze eine Höhe von fast 20 Grad haben, kann es zuweilen geschehen, daß man den Donner kaum hört; dieses ist dann der Fall, wenn ihre Höhe über dem Boden sehr bedeutend ist, dann werden die Schallschwingungen, welche in einer verhältnißmäßig dünnen Luft erzeugt wurden, bei ihrem Uebergange in dichtere Luftmassen immer mehr geschwächt.

Häufig sieht man an heiteren Abenden nach dem Untergange der Sonne Blitze in einer Gegend des Horizontes, meistens eine unbestimmte Erhellung eines großen Stückes am Himmel, und dieses ist das eigentliche Wetterleuchten oder Wetterabkühlen. Dieses zeigt sich eben so zwischen den Wendekreisen als bei uns, so erscheint es in Demarara hauptsächlich vor dem Anfange der nassen Jahreszeit, es sind dann die Gewitter schon auf den im Innern liegenden Gebirgen sehr häufig, während an der Küste der Himmel noch heiter ist. Und eben so müssen wir das Wetterleuchten als eine Wirkung sehr entfernter Gewitter ansehen, deren Wolken unter dem Horizonte stehen und deren

Blige von der Luft reflectirt werden. Wie bedeutend diese Reflexion, zumal in einer dunkeln Nacht sey, davon kann man sich sehr häufig überzeugen. Wenn, was sich öfter ereignet, ein Gewitter ganz deutlich an einen Theil des Horizontes, etwa in Westen, steht, während der übrige Theil des Himmels noch heiter ist, so stelle man sich mit dem Gesichte nach Osten, und jeder Blig wird von der Luft reflectirt. Und doch ist diese Stellung in Betreff auf die Stärke des zurückgeworfenen Lichtes weit ungünstiger als diejenige, wo ein weit unter dem Horizonte befindliches Gewitter von uns in derselben Richtung bemerkt wird, in welcher es sich befindet.

Die Entfernung, auf welche man auf diese Weise Gewitter wahrnehmen kann, ist gewiß sehr groß, zumal wenn die Wolken sehr hoch stehen, und da der Beobachter des Wetterleuchtens nicht immer Nachricht von der Existenz dieser Gewitter erhält, so sind gar mancherlei anderweitige Hypothesen über die Natur dieser Erscheinung aufgestellt worden. Bald sollen es phosphorische Erscheinungen, bald electriche Explosionen in heiterer Luft seyn. Indessen eben der Fehler, der bei den Gewittern begangen wird, wiederholt sich auch hier. Man beobachtet die Erscheinung dann, wenn sie sich zeigt, dasjenige aber, was vorher vorgegangen war, blieb unbeachtet. Fast in allen Fällen, wo ich lebhaftes Wetterleuchten gesehen habe, hatte der Himmel während des Tages entweder ein mattes Ansehen, oder man sah auch wohl hier und dort verwaschene Cirri, alles ließ ein Gewitter erwarten, zuweilen waren auch hier Cumulostrati am Horizonte, welche beim Untergange der Sonne plötzlich zu verschwinden schienen, deren Fortdauer aber zuweilen bei einzelnen Bligen zu erkennen war; eben so sieht man dann nicht selten einzelne heller erleuchtete horizontal fortleuchtende Fasern von Cirris; nicht selten ändert sich der Barometerstand, war es bis dahin gestiegen, so fängt es an zu sinken oder umgekehrt, und in den meisten Fällen fand ich in öffentlichen Blättern dann Nachrichten, daß in der Richtung, in welcher ich das Wetterleuchten sah, Gewitter in einer Entfernung von vielleicht 30 oder noch mehr Meilen gewesen waren. In einigen Fällen, wo ich sehr starke Nachtgewitter erlebte, hatte sich mehrere Stunden vorher starkes Wetterleuchten gezeigt.

Da besonders von de la Rive in Genf und einigen andern Naturforschern in der Schweiz die Behauptung aufgestellt ist, daß das Wetterleuchten keine Folge entfernter Gewitter wäre, so will ich als Beleg meiner Behauptung einige Thatfachen anführen, welche ich in den Alpen gesehen habe; eine große Anzahl ähnlicher Erfahrungen könnte ich aus Deutschland und andern Ländern mittheilen.

Am 18. Junius 1832 sah ich von dem Rigi aus in verschiedenen Gegenden Gewitter, gegen Abend klärte sich der Himmel immer mehr auf, und um 9 Uhr waren nur noch Wolken an der südlichen Bergkette sichtbar, welche indessen in kurzer Zeit zu verschwinden schienen, als sie nicht mehr hinreichend erleuchtet wurden. Um 10 Uhr bemerkte ich zwischen S und SO jenseits der Bergkette ein lebhaftes Bligen und hier erschien nur eine niedrige fast horizontale fortlaufende Wolkenschicht, deren oberer Rand nur bei einzelnen lebhaften Bligen zu erkennen war, dieselben aber alle Berge deutlich erscheinen. Die Erleuchtung des Himmels erstreckte sich weit über das Zenith hinaus. Hätte ich diesen schmalen Wolkenrand von meinem Standpunkte nicht gesehen, so würde ich das Ganze für reines Wetterleuchten gehalten haben. Später erzählten mir Reisende, daß um diese Zeit fast täglich heftige Gewitter im nördlichen Italien gewesen wären. Am 12. Julius sah ich mit Horner in Zürich südlich vom See sehr starkes Wetterleuchten, wobei deutlich Cirri wahrzunehmen waren, und diese helle Erleuchtung konnten wir noch in den Straßen der Stadt wahrnehmen.

Besonders stark zeigte sich das Wetterleuchten in der Mitte des August 1832 in Genf, wobei aber der Himmel auch während des Tages ein mattes Ansehen hatte. Am 16. August, wo die Société de physique ihre Sitzung hielt, erhob sich in derselben eine lebhafte Discussion über diesen Gegenstand, und gleichsam, als sollten die Meinungen darüber geprüft werden, zeigte sich nach dem Schlusse der Sitzung ein starkes Wetterleuchten. Während des Tages hatte der Himmel ein sehr mattes Ansehen, Cumulostrati hatte ich nördlich am Horizonte am Tage gesehen, und auch als es finsterner geworden war, zeigten sich noch einzelne Wolken; das Wetterleuchten war besonders in Norden stark. Aber die süddeutschen Zeitungen waren bald darauf angefüllt mit

Nachrichten von dem Unheile, welches die Gewitter an diesem Tage in Baden, Württemberg und Baiern angerichtet hatten, und selbst noch näher waren im Waadtlande Häuser vom Blitze getroffen worden. Hätten die Zeitungen nicht blos die Nachrichten von solchen Gewittern mitgetheilt, welche Schaden angerichtet hatten, sondern zugleich auch diejenigen genannt, welche ohne Schaden vorübergingen, so würde man vielleicht noch welche in größerer Nähe angetroffen haben.

Am folgenden Tage (17. August 1832) waren am Morgen leichte Wölkchen am Himmel, gegen Mittag zeigten sich viele Cirri und der Himmel war matt. Als ich am Nachmittage nach Chambeisy am Genfer See ging, sah ich an vielen Stellen des Horizontes Cumulostrati, welche aber zum Theil so entfernt waren, daß ihre Ränder geröthet erschienen. Die Spitzen des Montblanc und der benachbarten Berge waren mit dichten Wolken verdeckt. Herr Theodor de Saussure, bei welchem ich einige glückliche Stunden zubrachte, erzählte mir, es sey ihm kaum eine solche Trockenheit der Luft vorgekommen, als in diesen Tagen, zugleich bemerkte er, daß die geringe Stärke der E sehr auffallend wäre. Als ich am Abend nach Genf zurückkehrte, sah ich rings umher Blitze, die Sterne schienen matt und die Wolken schienen in der Finsterniß von der Bergkette, wo es am lebhaftesten blitze, verschwunden zu seyn. Und dennoch hatte ich hier die Wolken vielleicht eine gute Viertelstunde vor dem Erscheinen des ersten Blizes sehr deutlich gesehen, es ist wenig wahrscheinlich, daß so dichte Wolken, als diejenigen, welche ich hier während des ganzen Nachmittages gesehen hatte, sich in so kurzer Zeit aufgelöst haben sollten. Am 21. August sah ich in der sehr starken Blitze im oberen Wallis, deutlich erschienen die Wolken, die ich während des Tages bemerkt hatte, aber der ganze bestirnte Himmel wurde bei jedem Blitze erleuchtet, selbst wenn ich den Wolken den Rücken zuwendete.

Ich will nicht dabei verweilen, ähnliche Phänomene aufzusuchen, aber nach allen meinen Erfahrungen kann ich das Wetterleuchten für weiter nichts als das reflectirte Licht entfernter Gewitter ansehen.

E l m s f e u e r.

Wenn electriche Wolken tief gehen und wenn das Wetter vielleicht gleichzeitig stürmisch ist, so findet häufig keine Explosion unter der Gestalt des Blizes Statt; die durch Vertheilung hervorgerufene Electricität ist so stark, daß sie aus erhabenen Gegenständen in Gestalt einer Flamme ausstrahlt, auf eine ähnliche Weise, als wir dieses bei den Spitzen an unseren Electricitätsmaschinen sehen. Dieses Phänomen heißt St. Elmsfeuer, bei den Alten Castor und Pollux.

Schon die Alten erwähnen mehrere Phänomene dieser Art, und nicht selten werden sie, namentlich von Livius, unter den Prodigiiis aufgezählt. Nicht selten sah man auf den Wurfspießen der Soldaten oder den Masten der Schiffe Flammen mit einem zischenden Geräusche verbunden, welche von einer Stelle zur andern hüpfen. Die Zeit ihrer Erscheinung scheint besonders im Winter zu seyn, wenigstens ereignete sich die größere Zahl derer, von welchen ich genauere Nachrichten besitze, in dieser Jahreszeit. Wie der Vorgang beschaffen sey, möge folgende Erzählung von Forbin zeigen. „Im Jahre 1696, sagt derselbe, zog sich plötzlich während der Nacht ein schweres Gewölk zusammen, wobei erschreckliche Blitze und Donnerschläge entstanden. Weil ich einen starken Sturm befürchtete, ließ ich alle Segel einziehen. Wir sahen auf dem Schiffe mehr als 30 St. Elmsfeuer. Eins unter andern befand sich oben auf dem Windflügel des großen Mastes, welches mehr als $1\frac{1}{2}$ Fuß hoch war. Ich schickte einen Matrosen hinauf, es herunter zu bringen. Als er oben war, hörte er dieses Feuer ein Geräusch machen, gerade, als wenn man angefeuchtetes Schießpulver anzündet. Ich befahl ihm den Flügel abzunehmen und damit herunter zu kommen. Kaum aber hatte er ihn von der Stelle weggenommen, so ging das Feuer davon weg und setzte sich auf die Spitze des Mastes, ohne daß man es davon hätte wegbringen können. Es blieb daselbst ziemlich lange, bis es nach und nach verging. Der gedachte Sturm hatte weiter keine Folgen, als einen starken Regen, der mehrere Stunden anhielt.“

Auf Gebirgen scheint das Phänomen vielleicht noch häufiger zu seyn, wenn in der Nähe Gewitterwolken fortziehen; so er-

wähnt es Caussure in den Alpen, und ich habe es dort ebenfalls sehr schön gesehen. Daß übrigens dieses Licht die Gegenstände, aus denen es austritt, ungeachtet seiner Ähnlichkeit mit brennendem Feuer, nicht verbrennt, bedarf wohl kaum einer Erwähnung; es ist der Vorgang derselbe als bei den Einsaugerspitzen an unseren Maschinen, welche kaum erwärmt werden, wenn auch eine noch so große Menge von Electricität durch sie hindurchgeht.

Befinden sich zwischen Wolke und Erde noch andere Körper, welche durch Vertheilung electrifirt werden können, so können diese ebenfalls electrisches Licht ausströmen lassen. Bei Winterstürmen hat man öfter bemerkt, daß der herabfallende Schnee leuchtend zur Erde kam, und stets war dann auch eine starke Electricität in der Atmosphäre.

Wir haben bisher die wichtigsten Phänomene betrachtet, welche in Gesellschaft starker Electricität auftreten; die Beobachtungen, durch welche der Zusammenhang zwischen ihnen erkannt werden kann, sind jedoch noch sehr mangelhaft, und um darüber ins Klare zu kommen, müßten dieselben anhaltend in verschiedenen Gegenden wiederholt werden. So viel indessen scheint aus einer unbefangenen Prüfung der bisher gemachten Erfahrungen hervorzugehen, daß die Electricität nie Ursache irgend einer Witterungsveränderung sey, vielmehr scheint sie nur eine Folge von einer Aenderung in dem Zustande der Atmosphäre zu seyn, und selbst die heftigste Aeußerung ihrer Existenz scheint nur darin gesucht werden zu müssen, daß die durch einen schnellen Niederschlag gebildete große Menge von E nicht Zeit hatte, sich anders in ein Gleichgewicht zu setzen, als durch Funken. Indessen weichen die Ansichten sehr vieler Naturforscher von dem eben Gesagten ab, durch eine Störung im electrischen Gleichgewichte sollte heiteres und trübes Wetter hervorgebracht werden; Ansichten dieser Art, welche ohne die geringste Bestätigung durch Erfahrungen mitgetheilt werden, sind größtentheils Hirngespinnste, deren Unhaltbarkeit derjenige sehr bald erkennt, welcher Beobachtungen macht. Es würde mich hier jedoch zu weit führen, wenn ich diese Behauptungen weiter durchführen sollte; ich habe sie indessen an dieser Stelle für nöthig gehalten, da ich noch einige Phänomene betrachten soll, welche so häufig aus der Wirkung der E abge-

S a g e l.

Seit den ältesten Zeiten sind über seine Entstehung eine Menge von Ansichten gegeben worden, und noch gegenwärtig sind die Ansichten der Naturforscher sehr getheilt. Wie geht es zu, daß gerade in der heißen Jahreszeit an recht warmen Tagen oft so bedeutende Massen von Eis zur Erde fallen? Warum sind einige Gegenden so reich an Hagel, während andere in geringer Entfernung selten davon getroffen werden? Entsteht der Hagel in großer Höhe, oder bildet er sich nur in geringer Entfernung von der Erdoberfläche? Das sind Fragen, die häufig aufgeworfen werden, von denen aber noch keine vollständig beantwortet ist.

Man pflegt den Hagel in zwei oder auch wohl in drei Klassen zu theilen, doch liegt nach meiner Ansicht dabei mehr die Größe der Körner und der dadurch hervorgebrachte Schaden, als ein inneres Princip zum Grunde; um aber zu zeigen, wie wenig die Größe einen Unterschied zu einer innern Eintheilung macht, will ich nur daran erinnern, daß man das fast mikroskopische Schneeflöckchen, welches bei heiterem Himmel und großer Kälte in den unteren Schichten schwebt, nicht von den tollgroßen Flocken unterscheidet, die zu andern Zeiten herabfallen, und daß vom feinsten Nebelregen bis zum großtropfigen Gewitterregen ein allmählicher Uebergang in der Größe der Tropfen gefunden wird.

Die erste Klasse bezeichnet man mit dem Namen Graupeln (Kiesel im südlichen Deutschland, grésil französisch). Meistens sind dieses vollkommen runde, nur selten durch einzelne Hervorragungen von der runden Gestalt abweichende Körner, deren Durchmesser größtentheils kleiner als eine Linie ist, aber auch bis zu zwei Linien steigen kann. Die einzelnen Körner sind stets undurchsichtig, häufig ziemlich locker, mehr oder minder der Weiße des Schnees sich nähernd, und nur bei größerer Dichte nehmen sie zuweilen einen dünnen Ueberzug von Eis an. Meistens fallen dieselben im Winter und Frühlinge bei stürmischem Wetter; obgleich damit oft eine starke Electricität verbunden ist, so werden sie doch selten von Gewittern begleitet.

Der eigentliche Hagel hat meistens eine birn- oder pilzförmige Gestalt mit einer halbkugelförmigen Erscheinung auf der untern Seite. Sie bestehen meistens aus einer undurchsichtigen schneearartigen Masse; werden die Körner größer, so sind sie oft mit einer dicken Eisrinde umgeben, zuweilen finden wir mehrere Schichten abwechselnd aus Schnee und durchsichtigem Eise, kein einziger Beobachter erwähnt aber Hagelkörner bloß aus durchsichtigem Eise, vielmehr wird in allen Beschreibungen derselben dieses Schneekernes gedacht. Häufig gleichen die Körner dreiseitigen Kugelsegmenten, oder dreiseitigen Pyramiden, deren Basis ein Stück einer Kugeloberfläche bildet, und Delcros, Nöggerath und andere Beobachter glauben deshalb, daß die ursprüngliche Gestalt der Körner eine Kugel sey, welche beim Herabfallen zersprengt werde. Ich glaube jedoch, jene pyramidenähnliche Form sey die ursprüngliche, da wir sie sehr häufig an dem mit durchsichtigem Eise umkleideten Schneekerne sehen, auch habe ich auf den Alpen bei Graupelschauern sehr häufig Körner gefunden, welche dreiseitigen Pyramiden gleichen. Aber Graupelkörner bilden stets den innern schneearartigen Kern der größeren Hagelstücke, und ich glaube, daß Graupeln und eigentlicher Hagel nur durch die ungleiche Größe und den Eisüberzug der zum Boden gelangenden Massen verschieden sind. Dieses ist auch die Ansicht von Saussure, zu welcher er durch seine Erfahrungen in den Alpen geführt worden war, indem er annimmt, die Graupeln der höheren Luftschichten verwandelten sich erst bei ihrer Bewegung durch die tiefer liegenden in Hagel.

Es wird noch öfter eine dritte Klasse von Hagel angeführt, kleine Kügelchen von durchsichtigem Eise. Aber dieses sind Regentropfen, die bei schnell vordringenden Südwinden herabfallen, während in der Nähe des Bodens noch große Kälte herrscht, in deren Folgen die Tropfen gefrieren.

Größe der Hagelkörner.

Zuweilen erreichen die Hagelkörner eine sehr bedeutende Größe, doch ist die Frage, ob viele der großen Massen, die zuweilen zum Boden gelangt sind, nicht Agglomerate von mehreren Körnern waren, die sich während des Falles vereinigten. Fast jährlich findet man in öffentlichen Blättern Nachrichten von star-

ken Hagelwettern, bei denen große Körner herabfielen, und es möge daher genügen, hier einige solcher Erfahrungen anzuführen. Nach Hallen fiel am 29. April 1697 zu Flintshire in Wales Hagel von 4 Unzen Gewicht herab, und Taylor beobachtete am 4. Mai desselben Jahres in Hartfortshire Körner, die 14 Zoll im Umfang hatten. Parent berichtet, daß am 15. Mai 1703 zu le Perche Hagel von Faustgröße gefallen sey. Am 11. Julius 1753 lasen Montignot und Treffan zu Toul Schloßen auf, welche die Form unregelmäßiger Polyeder und einen Durchmesser von 5 Zoll hatten. Eben so beobachtete Musschenbroek zu Utrecht 1736 ein starkes Hagelwetter, bei welchem die meisten Körner die Größe eines Taubeneies hatten, einige aber, die aus mehreren zusammengesetzt waren, erreichten die Größe eines Hühnereies. In Nordamerika kommen nach Olmsted fast jährlich Hagelmassen vor, welche größer als Hühnereier sind, am 7. Mai 1822 fand Nöggerath Körner von 12 Loth Schwere. Im Jahre 1811 fand Munde in Hannover viele Körner von 8 Loth. Bei einem heftigen Gewitter, welches am 15. August 1832 vielen Schaden in den Rheingegenden anrichtete, war das größte von Voget in Heinsberg gewogene Stück 6 Loth schwer; in Randerath im Kreise Weidenkirchen wogen die Stücke 8 bis 16 Loth, ja es sollen dort deren von einem Pfunde aufgehoben seyn; in Elberfeld fiel dabei Hagel von der Größe eines Hühnereies. Bei einem Hagelwetter am 5. October 1831 fielen in Constantinopel faustgroße Eismassen herab; eine halbe Stunde nachher fand man noch welche, die über ein Pfund wogen. Eben dieses Gewicht wird von einem Hagelwetter angegeben, welches am Ende Mais 1821 in Palestina im Kirchenstaate sich ereignete, ja bei einem Hagelwetter, welches am 15. Junius 1829 zu Sagorta in Spanien Statt fand und welches Dächer und Häuser zerstörte, sollen Stücke von 4 Pfund Schwere herabgefallen seyn. Ob aber dies nicht zusammengebackene Massen seyen, muß dahin gestellt bleiben, wenigstens gilt dieses gewiß von einem 3 Fuß langen, 3 Fuß breiten und 2 Fuß hohen Klumpen, welcher am 8. Mai 1802 in Ungarn herabgefallen seyn soll, und von einer Masse, welche in den letzten Zeiten Lippo Sahrebs in der Nähe von Seringabatnam zu Boden gekommen seyn soll; wahrscheinlich wurde eine große

Zahl von Körnern, die am Boden über einander lagen, durch partielle Schmelzung verbunden.

Zuweilen finden sich im Innern des Hagels fremdartige Massen, wie Spreu, welche jedenfalls durch den aufsteigenden Luftstrom in die Höhe geführt war, eben so vulcanische Asche auf Island, während einer vulcanischen Eruption. Viel Aufsehen erregte die Gegenwart von Schwefelkiesen oder eigentlich Eisensorydhydraten in Hagelkörnern, namentlich in Sibirien, aber die Nachrichten, welche G. Rose darüber in Orenburg einzog, haben die Thatsache nicht bestätigt.

Tageszeit der Hagelwetter.

Es ist eine sehr allgemein verbreitete Meinung, daß zur Entstehung des Hagels die Gegenwart des Sonnenlichtes nöthig sey, und es wird daher oft der Satz ausgesprochen, daß während der Nacht kein Hagel entstehen könne. Um die Abhängigkeit des vorliegenden Phänomenes von den Tageszeiten zu prüfen, habe ich alle Hagelwetter in Deutschland und der Schweiz, von denen ich Nachrichten erhalten habe, nach den Stunden zusammengestellt und finde folgende Größen:

Stunde	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Mittag	1	8	10	5	24
1	4	18	8	6	36
2	10	38	15	13	78
3	4	19	11	8	42
4	5	14	17	1	37
5	4	16	13	3	36
6	1	9	8	5	23
7	1	6	10	...	17
8	1	3	3	4	11
9	2	18	6	3	29
10	3	2	3	1	9
11	1	...	...	1	2
Mitternacht	...	...	2	...	2
13	...	...	1	...	1
14	...	...	2	...	2
15	...	...	...	1	1
16	1	...	...	...	1
17	2	2	...	1	5
18	1	1	...	...	2
19	7	13	3	6	29
20	4	3	1	2	10
21	3	6	2	...	11
22	2	3	3	1	14
23	1	10	4	5	20

Diese Tafel zeigt, daß zu allen Zeiten des Tages Hagel gefallen ist, daß er aber zur Zeit der größten Tageswärme oder etwas nachher am häufigsten ist. Die Zahlen gehen im Allgemeinen ziemlich regelmäßig fort, nur um 2 Uhr, 9 Uhr und 19 Uhr ist die Zahl der Niederschläge etwas größer, als man es nach den für die benachbarten Stunden gefundenen Größen erwarten sollte; indessen sind die meisten Bestimmungen aus den Mannheimer Ephemeriden entnommen und die angegebenen Stunden waren diejenigen, wo die Beobachter regelmäßig den Stand der Instrumente aufzeichneten; ereignete sich nun ein Hagelfall in der Nähe dieser Zeiten, so setzten sie ihn wahrscheinlich zu denselben; nur dann, wenn er mehrere Stunden früher oder später erfolgte, scheinen sie die Stunde besonders angeführt zu haben.

Nächtlicher Hagel, welcher lange Zeit allgemein bezweifelt wurde, ist also gar keine Seltenheit. Eine Menge einzelner Thatsachen habe ich in meinem Lehrbuche der Meteorologie erwähnt, und späterhin habe ich noch eine große Zahl anderer Nachrichten gesammelt, bei deren Aufzählung ich hier jedoch nicht verweilen will.

Hagel in verschiedenen Jahreszeiten.

So wie die Regen und Gewitter in verschiedenen Gegenden von Europa eine Abhängigkeit von den Jahreszeiten zeigen, eben so gilt dieses auch vom Hagel. Rechnen wir die Graupeln, welche ihrem innern Bau nach wenig vom Hagel verschieden sind, mit zu dem letztern, so fallen sie im Allgemeinen desto seltener herab, je weiter wir von den Küsten Europa's in sein Inneres gehen, dabei aber ändert sich auch die Vertheilung während des Jahres. Sehen wir die Hagelfälle in den einzelnen Jahreszeiten als Procente der ganzen Zahl während des Jahres an, so finden wir die folgenden Größen:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
England . . .	45,5	29,5	3,0	22,0
Frankreich . . .	32,8	39,4	7,0	20,7
Deutschland . . .	10,3	46,7	29,4	13,6
Rußland . . .	9,9	35,5	50,6	13,0

29

In England scheinen also vorzugsweise Graupeln während des Winters zu fallen, und die Zahl eigentlicher Hagelschauer während des Sommers ist nur ein verhältnißmäßig geringer Theil der ganzen Zahl. Aber bereits in Frankreich scheint der Frühling die eigentliche Zeit der Graupeln zu seyn, die Zahl von Niederschlägen dieser Art ist im Sommer größer geworden, und im Innern Europa's fällt die Hälfte derselben während des Sommers.

Hagel in höheren Regionen.

Es würde für die Begründung aller Erscheinungen, welche sich beim Hagel zeigen, sehr wünschenswerth seyn, wenn wir einen vieljährigen Durchschnitt von sehr vielen, selbst nahe liegenden Orten besäßen, denn man findet nicht selten, daß manche Gegenden viel von Hagelschaden leiden, während andere ganz nahe liegende Punkte nicht davon getroffen werden. So erzählt Scheuchzer, daß in einigen Thälern der Alpen, namentlich denen, die von W nach O laufen, wie Wallis, Glarus, der Hagel selten sey, daß oft in 20 Jahren keiner falle. Späterhin hat L. v. Buch die Thatsache mitgetheilt, daß in allen warmen Thälern, wo Eretins und Kröpfe vorkommen, der Hagel selten sey. Wenn dagegen diese engen Thäler aus dem Gebirge, das sie hoch und steil zu beiden Seiten begleitete, hervorkommen und das Hügelland gegen das Gebirge eine Ebene zu seyn scheint, so ist der Hagel sehr häufig. So ist Borgofranco, am Ausgange des Aostathales, kaum je in einem Jahre verschont worden, und Saussure, welcher die Häufigkeit des Hagels daselbst erwähnt, fügt hinzu, man habe beobachtet, daß in den am Fuße hoher Berge belegenen Ebenen der Hagel in einer gewissen Entfernung davon stärker und häufiger sey, als in größeren oder kleineren Entfernungen. Buch glaubt ferner, daß der Hagel in den höher gelegenen Gegenden nicht so häufig vorkomme, als in der Tiefe. In Creffier über dem See von Neuchâtel verhägen die Weinberge häufig; Vignières am Abhange des Chauxmont liegt unmittelbar darüber, 1200 Fuß höher, es regnet dann zu gleicher Zeit sehr stark, aber es hagelt wenig oder gar nicht. Der Hagel vermehrt und vergrößert sich erst in der 1200 Fuß hohen Schicht bis zum Grunde des Thales. Aus

dem Thale von Travers kommen im Sommer Gewitter hervor, welche sich über die erwärmten Weinberge des Seeabhangs ziehen und große Hagelkörner auf die Weinreben in dieser Gegend werfen. Im hochliegenden Thale hatte es auch geregnet, ehe das Wetter die Tiefe erreichte, allein gehagelt nur wenig. Bei Clermont in der Auvergne, ganz nahe am Fuße des Gebirges, sind Gewitter äußerst gemein und fast immer sind sie von Hagel begleitet, welcher die ganze Gegend verwüßt. Die Dörfer Blanzat, Chateaugué, Sayat scheinen jährlich zu dieser Zerstörung verdammt. Dagegen versichert Hr. de Savigné, Pfarrer in Vernet auf dem Gebirge, daß solche Wetter zwischen dem Mont d'Or und Puy de Dome höchst selten sind, und daß er es in 23 Jahren nur ein einziges Mal habe hageln sehen. Die Orte sind doch von ersteren oft nicht eine halbe Meile entfernt, aber sie liegen auf dem Gebirge 1200 Fuß höher.

Thatsachen dieser Art, nach denen der Hagel in der Tiefe entstehen oder doch weit stärker seyn soll, als in der Höhe, bieten bei der Erklärung dieses Phänomens die größte Schwierigkeit dar. Aber vergessen dürfen wir zunächst nicht den Umstand, daß ein großer Theil dieser Nachrichten von Landwirthen herrührt, welche nur dann auf Hagelwetter achten, wenn ihren Feldern oder Weinbergen Schaden zugefügt wird, dagegen alle die ohne Nachtheil vorkommenden Niederschläge unbeachtet lassen. So: dann scheint es mir sehr wahrscheinlich, daß Localverhältnisse sehr viel zu der Häufigkeit des Hagels beitragen. Finden die Wolken bei ihrer Bewegung einen heftigen Widerstand an der Bergkette, dann fällt der Hagel häufiger. Daß er in der Höhe an manchen Punkten nicht selten sey, das erwähnen andere Beobachter, und ich will deshalb einige Erfahrungen dieser Art mittheilen, um so mehr, da ich später noch auf diese Thatsache zurückzukommen genöthigt bin.

Da wo Saussure von seinem 14tägigen Aufenthalte auf dem Col de Géant in einer Höhe von 10000 Fuß über dem Meere spricht, fügt er hinzu, daß die Häufigkeit von Hagel und Graupeln ihm eins der merkwürdigsten Phänomene jener Gegenden zu seyn schiene, denn unter den 140 Witterungsbeobachtungen, welche er dort gemacht habe, befände sich ein eigentlicher Hagel und 11 Graupelschauer; auch habe Balmat bei seiner

heftiges Hagelwetter, welchem Graupeln und später Schnee folgten, beim Hinabsteigen ging der Schnee etwa 600 Fuß unter der Spitze in Regen über, und eben so erlebte Pentier bei seinen geodätischen Operationen in den Pyrenäen oft in großen Höhen heftige Hagelwetter.

Vergleichen wir endlich meteorologische Tagebücher, die auf den Alpen und in ihrer Nähe gehalten sind, so finden wir sehr häufig Gewitter mit Hagel auf den Alpen. Aus der großen Zahl von Fällen dieser Art, welche man aus den Mannheimer Ephemeriden entnehmen kann, will ich nur einige wenige mittheilen.

1782 am 8. und 9. August Gewitter und Hagel in Baiern, seit dem Morgen fiel Schnee auf dem St. Gotthardt. Eben dieses war am 10. und 31. Mai der Fall.

1783 am 26. und 27. Mai Gewitter und Hagel in Baiern, an beiden Tagen, besonders am 27. viel Schnee und Hagel auf dem Gotthardt.

1784 am 23. Julius in München, Schnee auf dem Gotthardt, wo die Temperatur um 7 Uhr Morgens noch unter dem Gefrierpunkte lag. Am 10. August Hagel in mehreren Gegenden, auf dem Gotthardt blieb das Thermometer stets unter dem Gefrierpunkte und es fiel Schnee. Dieses wiederholte sich am 23. August.

1787 am 29. Mai Gewitter und Hagel in Padua, am ganzen Tage Schnee auf dem St. Gotthardt und Monte Baldo. Am 27. Mai dasselbe in Genf und auf dem St. Gotthardt.

1789 am 7. Junius Hagelwetter im nördlichen Italien, Schnee auf den Alpen. Eben dieses war in den letzten Tagen des Junius, so wie am 14. Julius 1790 und 28. Julius 1792 der Fall.

Hagel zwischen den Wendekreisen.

In höheren Breiten ist Hagel allenthalben vorhanden, wo es überhaupt regnet; dagegen ist er zwischen den Wendekreisen, wenigstens in den Ebenen selten. So ist er in Cumana unbekannt, und nach Chanballon erregte ein Hagel, welcher im Jahr 1721 auf Martinique fiel, das größte Aufsehen. In Vornu erwähnen Denham und Clapperton ein von ihnen beobachtetes Hagelwetter. In Latta an der Mündung des Ju-

bus erlebte Burnes ein Hagelwetter, eben so fielen nach ihm in Peschawer Körner so groß als Musketenkugeln.

Steigen wir indessen einige hundert Toisen höher, so kommen Hagelwetter zuweilen vor, dieses erwähnt Humboldt von der Gegend von Caracas, Pentland von Peru, Heyne von Mysore, Bruce und Küppel von Habesch, ja am 17. August 1830 war in der Stadt Mexico so viel Hagel gefallen, daß er fußhoch in den Straßen lag und die Pferde bis zur Hälfte ihrer Beine darin wadeten. Wir müssen also den Mangel des Hagels in den tieferen Gegenden daraus ableiten, daß die Körner geschmolzen werden, ehe sie den Boden erreichen.

Geräusch beim Hagel.

Schon unter den Alten erwähnen mehrere Schriftsteller, wie Aristoteles, Lucret, ein starkes Geräusch, wenn eine Hagelwolke sich dem Zenith nähert, und mehrere neuere Beobachter haben dieses bestätigt. Es stimmt weder mit dem Brausen des Sturmes noch mit dem Rollen des Donners überein, und ist zuweilen so stark, daß man selbst den Donner nicht hört, wie dieses namentlich Lessier bei einem Hagelwetter in Frankreich am 13. Julius 1788, und Kalm in Moskau am 30. April 1744 beobachteten. Lhiennemann sagt, er habe dieses Geräusch stets erst dann vernommen, wenn der Hagel wirklich fällt, während andere Beobachter es schon vor dem Fall gehört haben wollen, vielleicht stürzten dann aber schon Körner in der Nähe herab.

Dieses Geräusch wird wahrscheinlich theils durch die auf einander treffenden Hagelkörner, theils durch die mit einander kämpfenden Luftströme erzeugt. Diese Luftströme sind dann gewöhnlich in so heftigem Kampfe, daß die Körner häufig fast in horizontaler Richtung fortgeschleudert werden. Doch zeigt eine genauere Beobachtung aller Thatfachen, daß der Wind dabei stoßweise wirke, daß ein jeder heftige Stoß einen Erguß von Hagel nebst einem oder mehreren Blitzen erzeuge; denn wenn wie gewöhnlich der Hagel in Intervallen herabfällt, so bemerkt man anfänglich, daß die dichtfallenden Körner sich in fast horizontalen Bahnen bewegen, sie nähern sich immer mehr der verticalen Richtung, werden mit Regentropfen vermischt und gehen

endlich ganz in vertical fallenden Regen über, worauf sich kurz nachher derselbe Vorgang wiederholt.

Zug der Hagelwetter.

Nicht selten findet man, daß die Hagelwetter ungeachtet ihrer Stärke und des heftigen Sturmes nur auf einen kleinen Raum eingeschränkt sind, wenige Meilen von der Stelle des Niederschlages bemerkt man oft kaum den Wind. Häufig fällt der Hagel auf einer Zone herab, deren Breite in Vergleich mit ihrer Länge sehr schmal ist. Diese Thatsache erwähnt schon Musschenbroek, und die wenigen vollständigen Beschreibungen von Niederschlägen dieser Art bestätigen diese Behauptung. So war es der Fall bei einem Hagelwetter auf den Orcadischen Inseln am 24. Julius 1818; das Gewitter vom 13. August 1832 kam aus Holland über die Maas nach den Rheingegenden und zerstörte auf einer Strecke von 18 bis 20 Stunden Länge und 2 bis $2\frac{1}{2}$ Stunden Breite alle Feldfrüchte. Am meisten Aufsehen machte in dieser Hinsicht ein Gewitter, welches am 13. Julius 1788 in Frankreich Statt fand, und von welchem Tessier eine Beschreibung gegeben hat. Es begann im südlichen Frankreich früh Morgens und ging in wenigen Stunden bis nach Holland. Die vom Hagel getroffenen Orte bildeten zwei parallele von SW nach NO gerichtete Zonen. Die eine derselben besaß eine Länge von 175, die andere von ungefähr 200 Lieues. Die mittlere Breite der westlichen betrug 4, die der andern 2 Lieues. Auf dem zwischen beiden liegenden, etwa 5 Lieues breiten Raume fiel kein Hagel, dagegen ein sehr starker Regen. Auch ostwärts von der östlichen und westwärts von der westlichen Zone regnete es stark. Ueberall ging dem Hagelwetter eine dicke Finsterniß voraus und diese erstreckte sich nach beiden Seiten sehr weit. Das Gewitter bewegte sich in der Stunde etwa $16\frac{1}{2}$ Lieues weit und diese Geschwindigkeit war in beiden Zonen dieselbe. Auf der westlichen Zone hagelte es in la Rochelle, wo es die ganze Nacht gewittert hatte, um $5\frac{1}{2}$ Uhr Morgens, in Touraine bei Loches um $6\frac{1}{2}$ h, bei Chartres um $7\frac{1}{2}$ h, zu Rambouillet um 8 h, zu Pontoise um $8\frac{1}{2}$ h, zu Clermont in Beauvoisis um 9 h, zu Douai um 11 h, zu Courtray um $12\frac{1}{2}$ h und zu Bliesingen um $1\frac{1}{2}$ h. Auf der östlichen Zone erreichte das Gewitter Arles

nahe bei Orleans um $7\frac{1}{2}$ h Morgens, Andonville in Beauce um 8 h, die Vorstadt St. Antoine von Paris um $8\frac{1}{2}$ h, Crespy in Valois um $9\frac{1}{2}$ h, Cateau-Cambresis um 11 h, Utrecht um $2\frac{1}{2}$ h. An jedem dieser Orte hagelte es nur 7 bis 8 Minuten lang, aber auf eine so furchtbare Weise, daß alle Vegetabilien zerstört wurden. Unter den großen Hagelwettern ist dieses dasjenige, von welchem wir die vollständigste Beschreibung besitzen, aber leider ist diese noch so unvollständig, daß zu einer genaueren Begründung der einzelnen Erscheinungen fast alles Material fehlt. Hauptsächlich wäre eine vollständige Angabe der Windrichtung und des Wolkenzuges auf beiden Seiten der verhagelten Zone vor und nach dem Gewitter wünschenswerth, aber davon findet sich keine Spur in dem Berichte.

Luftdruck und Wärme bei Hagelwettern.

Du Carla sprach zuerst den Satz aus, daß Hagelwetter rein locale Phänomene seyen, und L. v. Buch ist derselben Meinung. Dasjenige, was so eben über den Zug der Hagelwetter gesagt wurde, bestätigt diese Ansicht, aber ich glaube, daß nur der eigentliche Erguß von Hagel, so wie dieser sich uns offenbart, etwas Locales sey, auf einer weit größern Strecke werden sich wahrscheinlich Gewitter oder Regen zeigen, welche aber weniger beachtet werden. So unvollständig auch alle Nachrichten und Beschreibungen von Hagelwettern sind, so scheint doch aus allen hervorzugehen, daß sie sich dann zeigen, wenn südliche und nördliche Winde mit einander kämpfen, und daß der Hagel vorzugsweise da Statt finde, wo dieser Kampf am lebhaftesten ist, daß also der Hagel nur eine locale Aeußerung allgemeinerer Witterungsverhältnisse sey. Dieses bestätigt zunächst das Verhalten des Barometers. Ich habe in den Mannheimer Ephemeriden die 17 stärksten Hagelwetter im südlichen Deutschland aufgesucht und die Barometerstände um diese Zeit mit einander verglichen. Vom vorhergehenden Tage bis zum Tage des Hagelfalles war das Barometer in drei Fällen gestiegen, aber das Maximum dieses Steigens betrug nur $\frac{1}{2}$ Linie; in allen übrigen Fällen war es gesunken und zwar sinkt es im Mittel aller 17 Fälle binnen 24 Stunden um etwas mehr als eine Linie. Von dem Tage des Hagels bis zum folgenden Tage

dagegen ist es in drei Fällen unverändert geblieben, in zweien ist es gesunken, im Maximum um 0,6 Linien, in allen übrigen ist es gestiegen und zwar im Mittel aller 17 Fälle um $1\frac{1}{4}$ Linie. Wir müssen aus diesem Verhalten nothwendig folgern, daß das Hagelwetter durch südliche Winde vorbereitet wird, daß diese aber durch nördliche verdrängt werden.

Hieraus ergibt sich dann mit Einfachheit eine Thatsache, welche sich nur mit Mühe würde erklären lassen, wäre der Hagel ein rein locales Phänomen. Nicht selten nämlich geschieht es, daß nach einem Hagelwetter die Witterungsdisposition auf Wochen geändert wird, noch häufiger folgt darauf Kälte. Aber der Hagel selbst entsteht nur im heftigen Kampfe entgegengesetzter Winde, und verdrängt einer von ihnen denjenigen, welcher lange Zeit das Uebergewicht hatte, was sehr häufig geschieht, so bringt er natürlich die ihm eigenthümliche Witterung mit. Wie das Steigen des Barometers andeutet, so siegt häufig der Nordwind, und wie bei allen nördlichen Winden sinkt nun das Thermometer, was hier um so mehr auffallen muß, da durch die Wärme, welche der Hagel beim Schmelzen bindet, die Temperatur nothwendig deprimirt wird.

Diese niedrige Temperatur ist um so auffallender, da dem Hagelwetter nicht selten eine ungewöhnliche Wärme voraus ging. Nach dem Mittel war bei allen Hagelwettern, welche während einer Zeit von 10 Jahren in Genf, München und Padua Statt finden, die mittlere Temperatur um 2 Uhr Abends etwas über 20° Cels.; einmal sogar war dieselbe nahe 30° Cels. Kurz darauf stürzte Hagel herab. Woher nun, wird gefragt, die ungeheure Kälte, welche im Stande ist, so gewaltige Schnee- und Eismassen zu erzeugen? Häufig wird dann eine einfache Rechnung gemacht, vermittelt deren gezeigt werden soll, daß die Luft nicht so kalt seyn könne. Da wir nämlich etwa 100 Toisen in die Höhe steigen müssen, wenn die Wärme um 1° C sinken soll, so würden wir erst in einer Höhe von 2000 Toisen die Temperatur von 0° finden, wenn die Wärme der Ebenen 20° C beträgt, und da die Gewitterwolken häufig niedriger sind, so können die Hagelförner nicht in jenen Höhen gebildet seyn. Hätte man in dessen die Wärmeabnahme bei Hagelwettern näher untersucht, so würde man nicht selten gefunden haben, daß diese hohe Tem-

peratur nur den unteren Luftschichten eigenthümlich ist, während die oberen kälter sind. Bei 19 Hagelwettern, welche zu Padua in den Sommermonaten Statt fanden, betrug die mittlere Wärme auf dem Gotthardt um 2 Uhr Abends nur $3^{\circ},5$ C, mehrere Grade weniger als die mittlere Temperatur dieser Monate; 4 Mal stand es sogar am Nachmittage unter 0 und am Abend solcher Tage sank es zuweilen 5° und tiefer unter dem Gefrierpunkt, nie aber ist es an solchen Tagen bis zu 9° C gestiegen. Suchen wir endlich die Größe auf, um welche wir uns erheben müssen, wenn die Wärme 1° sinken soll, während es in der Tiefe hagelte, so geben für den Nachmittag

Genf und St. Gotthardt	58,7 Toisen
Padua und St. Gotthardt	58,7 . . .
München und St. Gotthardt	57,1 . . .
Mittel	58,2 Toisen, nahe 350 Fuß.

Und doch ist dieses das Mittel, in einzelnen Fällen ist die Wärmeabnahme noch weit größer, so am 27. Junius 1790, wo in München das Thermometer auf $26,5$ C stand, gab es auf dem Gotthardt nur $5^{\circ},1$ an, und die Wärmeabnahme betrug 37,5 Toisen (225 Fuß); am heißesten Tage, wo in Padua Hagel fiel, war die Temperatur $29^{\circ},4$ C, auf dem St. Gotthardt nur $5^{\circ},8$, und für eine Höhe von 45,1 Toisen (270 Fuß) sank das Thermometer um 1° . An diesem Tage stand also schon in einer Höhe von etwas mehr als 8000 Fuß das Thermometer auf 0° , und dies ist auch sehr nahe die Höhe, in welcher nach dem Mittel aller Beobachtungen der Gefrierpunkt liegt. An jenem heißesten Tage in Padua hätten wir in einer Höhe von 2000 Toisen die Temperatur von -9 C, in einer Höhe von 3000 Toisen dagegen $-26,5$ gefunden: das sind freilich Größen, die sich bedeutend von den gewöhnlich angenommenen entfernen.

Volta's Theorie des Hagels.

Da der große, so vielen Schaden anrichtende Hagel meistens in der heißesten Zeit des Jahres herabfällt, so sind über seine Entstehung manche, zum Theil sehr wunderbare Ansichten aufgestellt worden; ich will mich hier indessen darauf einschrän-

fen, die Meinung Volta's mitzutheilen, um so mehr, weil sie die erste war, welche alle dabei vorkommenden Umstände umfaßte. Um zuerst anzugeben, wie sich in der heißen Jahreszeit in einer Region, welche tief unter der Schneegränze liegt, so bedeutende Eismassen bilden können, nimmt er an, daß diese Kälte durch schnelle Ausdünstung entstehe, und diese Ausdünstung wird befördert 1) durch die Sonnenstrahlen, welche mit großer Stärke auf den obern Theil der Wolke scheinen; 2) durch die von de Luc und Saussure gefundene große Trockenheit der über der Wolke stehenden Luft; 3) durch die Disposition der Dunstbläschen sich in elastischen Dampf zu verwandeln, da die Bläschen selbst schon elastisch sind und sich gewissermaßen abstoßen; 4) durch die Electricität, welche die Verdunstung sehr befördern soll. Bei diesem Vorgange, wodurch die erste Anlage der Hagelkörner, nämlich der erste Schneeflocken, gebildet wird, ist die trockene Luft über der Wolke von größter Wichtigkeit; ist sie nämlich nicht hinreichend trocken, so wird auf der obern Seite der Wolke zwar ebenfalls Verdunstung Statt finden, allein der elastische Dampf wird bald darauf wieder condensirt, und indem er die Gestalt von Dampfbälchen annimmt, wird seine latente Wärme frei und die Erkaltung verzögert. Um diese schnelle Verdunstung noch weiter zu befördern, ist nach Volta auch die Gegenwart der Sonne nöthig, daher treten die meisten Hagelwetter bei Tage ein.

Haben sich nun die ersten Embryonen der Hagelkörner gebildet, so kommt es darauf an, daß sie sich weiter ausbilden, und Volta hält dazu die Existenz zweier über einander schwebenden Wolkenschichten für ein wesentliches Erforderniß. Wenn der elastische Dunst von der vorhandenen Wolkenschicht in die Höhe steigt, so kommt er in eine Gegend, welche anfänglich zwar trocken ist, aber bald darauf gesättigt wird, und dadurch bildet sich eine zweite höher liegende Schicht. Beide Schichten treten sogleich in einen electrischen Gegensatz, die untere, deren Theilchen verdunsten, erhält — E, die obere + E.

Um die weitere Ausbildung der Hagelkörner zu erläutern, stützt sich Volta auf den bekannten Versuch des electrischen Pappentanzes. Befestigen wir nämlich an dem Leiter der Electrisirmaschine eine horizontale Platte von irgend einem Leiter und

in einiger Entfernung unter ihr eine zweite mit dem Boden in Verbindung stehende, so werden leichte, zwischen beiden Platten befindliche Körper abwechselnd angezogen und abgestoßen, sie hüpfen von der untern Scheibe nach der obern, um sogleich nachher wieder nach unten zurückzukehren. Und ganz derselbe Vorgang soll beim Hagelwetter Statt finden. Die Schneeflocken, welche sich auf der obern Seite der untern Wolke befinden, haben mit dieser einerlei Electricität, sie werden abgestoßen, gleichzeitig aber von der obern Wolke angezogen und steigen deshalb in die Höhe. Hier angekommen erhalten sie sogleich die E der obern Wolke, werden abgestoßen und fallen gegen die untere Wolke, theilweise in diese eindringend, worauf sie wiederum nach oben gestoßen werden. Durch den electrischen Gegensatz dieser beiden Wolkenschichten erhalten die Körner eine auf- und abwärts gehende Bewegung, bei welcher sie ganze Stunden beharren können. Dabei vereinigen sich mehrere Flocken zu einem größern abgerundeten Korne, und da dieses eine niedrige Temperatur hat, werden die Dämpfe, mit denen es in Berührung kommt, condensirt und sogleich in Eis verwandelt. Bei dieser Bewegung stoßen die Körner häufig zusammen, und es entsteht dadurch jenes eigenthümliche Geräusch, welches man vor Ankunft eines Hagelwetters hört. Sind endlich die Körner hinreichend groß geworden, so ist die E der untern Wolkenschicht nicht mehr im Stande, der Einwirkung der Schwere Widerstand zu leisten, sie durchdringen diese Schicht und fallen zur Erde.

So vielen Beifall diese electrische Theorie des Hagels auch fand, so erhoben sich doch bald darauf mehrere Gegner gegen dieselbe, unter denen vorzugsweise Prectl zu erwähnen ist. Zunächst zeigte derselbe, daß es wenig wahrscheinlich sey, daß die Verdunstung allein die hinreichende Kälte hervorbringen könne, zumal wenn die Sonne darauf scheine, da durch diese nothwendig eher eine Erwärmung als eine durch Verdunstung bedingte Erkaltung hervorgebracht werden müsse. Sodann ist es wenig wahrscheinlich, daß die zum Theil bedeutenden Körner, welche von der obern Schicht herabfallen und hier mit einer gewissen Geschwindigkeit ankommen, von der untern bloß durch electrische Anziehung aufgehalten werden sollen.

Die geringe Wahrscheinlichkeit, daß die E Ursache der Hagelbildung sey, läßt auch die sogenannten Hagelableiter in ihrem wahren Lichte erscheinen. Es sollen eine große Menge Stangen auf dem Felde errichtet werden, diese sollen der Luft ihre E entziehen und dadurch die Bildung des Hagels verhindern. Schade nur, daß auch häufig waldige Gegenden, in denen Tausende solcher Stangen stehen, verhagelt werden; auch hat die Erfahrung hinreichend die gänzliche Nutzlosigkeit dieser Vorrichtungen gezeigt.

Entstehung der Graupeln.

Bei den Graupelschauern in der kalten Jahreszeit haben die Physiker wenig Schwierigkeiten gefunden, die Atmosphäre ist dann schon in geringer Höhe bis zum Gefrierpunkte erkaltet und so schlägt sich das Wasser in fester Gestalt nieder. Stets aber fallen diese Körner bei windigem und veränderlichem Wetter, und wenn zu solchen Zeiten — was freilich nicht oft geschieht — auch am Boden die Luft ziemlich ruhig ist, so ziehen nicht bloß die Wolken mit großer Schnelligkeit fort, sondern man bemerkt in ihnen auch eine große Unruhe und lebhafte Bewegungen: ein hinreichender Beweis, daß wenigstens in der Höhe das Wetter stürmisch ist. Diese Windstöße aber halte ich für eine wesentliche Bedingung, wenn die Graupelkörner sich ausbilden sollen. Auf den Alpen wenigstens habe ich sehr häufig bemerkt, daß der regelmäßig krySTALLisirte Schnee sogleich in kugelförmige Körner oder dreiseitigen Pyramiden ähnliche Körper überging, wenn Windstöße sich erhoben; so wie diese aber aufhörten, fiel jener wieder herab, und mehrere Erfahrungen, welche ich in den letzten Jahren in den Ebenen Deutschlands gemacht habe, scheinen dieses ebenfalls zu bestätigen. Ob diese Entstehung der Graupelkörner aber dadurch hervorgebracht werde, daß die fortgetriebenen Körner sich drehen und auf eine ähnliche Weise wachsen, als ein über den Boden gerollter Schneeball, oder ob wir nicht an ein ähnliches Phänomen denken müssen, als die körnige Krystallisation bei Salzen, das wage ich nicht zu entscheiden, wahrscheinlich scheint mir der letztere Umstand, zumal da die Graupel- und Hagelkörner häufig entweder als dreiseitige Pyramiden erscheinen oder doch lebhaft an diese erinnern; so wie ferner bei Salzen kleine Verschieden-

heiten in der Temperatur und in andern Umständen Veranlassung zu mancherlei abgeleiteten Gestalten geben, so scheint es auch hier der Fall zu seyn; vielleicht daß bei ruhigem Wetter die Krystallisation der Dämpfe mehr in einer Ebene als sechsseitiger Stern erfolgt, während windiges Wetter zur Krystallisation in der darauf senkrecht stehenden Ebene Veranlassung giebt, so daß wir Kugeln oder Pyramiden erhalten, auf ähnliche Weise als bei den nierenförmig gebildeten Mineralien, die in ihrem Innern Strahlen zeigen, welche von einem Mittelpunkte auslaufen.

Entstehung des Hagels.

Die meisten Hypothesen über die Entstehung des Hagels leiden an dem Uebelstande, daß gewöhnlich der Vorgang erst dann beachtet wird, wenn die Wolken fast vollständig ausgebildet sind, und daher wird das Phänomen meistens auf eine unvollkommene Art beschrieben, da in diesem Falle schon ein Theil des Vorganges von den unteren Wolken verdeckt ist. Wenn dasjenige, was ich in dem Folgenden gebe, gleich noch an vielen Unvollkommenheiten leidet, so glaube ich doch, daß manche Umstände dadurch genügender nachgewiesen werden; alles was noch gefordert werden kann, um die Theorie vollständiger auszubilden, besteht in einer größeren Reihe von Beobachtungen von verschiedenen Punkten, damit man zu erkennen im Stande sey, welchen Einfluß Localverhältnisse darauf haben.

Wichtig ist die zuerst von Volta mit einer größern Bestimmtheit hervorgehobene Thatsache, daß zur Entstehung des Hagels wenigstens zwei Wolkenschichten erforderlich sind; ich habe dieses in allen Fällen beobachtet, wenn in meiner Nähe Hagel gefallen war, und eben dieses wird durch fast alle genauen Beschreibungen solcher Erscheinungen bestätigt; oft sogar sieht man alsdann die Wolken nach drei oder mehr Richtungen in verschiedenen Höhen ziehen, ein Beweis, daß eben so viele Schichten von Wolken vorhanden sind. Während jedoch Volta annimmt, daß die zweite obere Wolkenschicht dadurch entsteht, daß Dämpfe von der untern aufwärts steigen und in der Höhe niedergeschlagen werden, glaube ich aus allen meinen Erfahrungen folgern zu dürfen, daß diese obere Wolkenschicht diejenige, welche

bei der Hagelbildung die wichtigste Rolle spielt, diejenige ist, welche zuerst gebildet wird.

An solchen Tagen, wo Hagel herabfällt, hat schon am frühen Morgen der Himmel ein auffallendes Ansehen; das Blau des Himmels ist nicht so rein, als es bei fortdauerndem heiterm Wetter ist, es ist bei weitem heller, und nicht selten entdeckt man bei genauerer Aufmerksamkeit feine verwaschene Fäden von Cirris. Zu anderen Zeiten sind diese Cirri mehr ausgebildet, weiße Massen stehen hier und dort am Himmel und die einzelnen Fäden verlaufen sich unbestimmt in das Hellblau der Luft. Fast stets sieht man alsdann große Höfe, nicht selten Nebensonnen, Phänomene, welche, wie wir später sehen werden, durch Brechung der Lichtstrahlen in Eiskristallen gebildet werden. Dieses war nicht bloß der Fall, wenn an meinem Aufenthaltsorte Hagel fiel; in vielen Fällen war letzteres in größerer oder geringerer Ferne geschehen, wenn ich diese Lichtphänomene gesehen hatte.

Diese Witterungsdisposition zeigt sich also stets auf einem sehr großen Raume, und rechnen wir dazu, daß das Barometer vor der Ausbildung der Hagelwetter meistens langsam sinkt, so müssen wir nothwendig annehmen, daß in der Höhe ein schwacher südlicher Wind weht. Doch erstreckt sich dieser Wind nicht immer zum Boden. Meistens herrscht hier völlige Windstille, oder wenn auch an einem Orte ein schwacher Wind weht, so ist dieser doch häufig nur local, wie namentlich daraus hervorgeht, daß an Orten, welche nur wenige Meilen von einander entfernt sind, die Windfahnen sehr verschiedene Richtungen haben. Unter diesen Umständen wird der Boden lebhaft erwärmt, die ihm zunächst liegenden Schichten erhalten eine hohe Temperatur, aber diese hohe Wärme rührt zum Theil nur davon her, daß die Luftschichten wegen der Windstille zu wenig mit einander gemischt werden; sehr schnell nimmt die Wärme nach oben ab, und wenn in der Tiefe die Hitze noch so drückend ist, so steht das Thermometer doch schon in einer Höhe von 8 bis 9000 Fuß auf dem Gefrierpunkte. Diese Verhältnisse geben zu einem lebhaften aufsteigenden Luftstrome Veranlassung, und wenn gleich die Luft am Boden auch nicht sehr feucht ist, so werden doch die oberen Luftschichten bald gesättigt werden, es bilden sich Wolken, im Anfange scheinen dadurch nur die Cirri verdichtet zu werden, viel-

leicht weil diese selbst durch den aufsteigenden Luftstrom noch höher geführt werden.

Erwägen wir nun, daß die Cirri häufig in einer Höhe von 20000 Fuß oder mehr schweben, daß ich sie wenigstens nie unter den Spizen der höchsten Berge der Alpen gesehen habe, so wird begreiflich, daß die Region, in welcher diese Schneeflocken schweben, welche ich für die ersten Embryonen des Hagels halte, tief unter den Gefrierpunkt erkaltet ist. Zugleich aber wird einleuchtend, daß in der Luftmasse in größerer oder geringerer Höhe ein solcher Zustand eingetreten ist, welcher zu Luftströmungen Veranlassung geben kann. Denn wenn der Boden wegen seiner verschiedenen Beschaffenheit an nahe liegenden Punkten ungleich erwärmt wird, über Sandflächen oder Feldern z. B. stärker als über Wäldern, über einer Seite eines Gebirges stärker als über der andern, so erhält dadurch auch der aufsteigende Luftstrom an verschiedenen Stellen eine sehr ungleiche Stärke, und so entstehen leicht Winde, welche in der Horizontale fortstreichen.

Diese aufsteigenden Luftströme haben unstreitig zur Zeit der größten täglichen Wärme die stärkste Geschwindigkeit, dann ist es am leichtesten möglich, daß bei diesem wandelbaren Zustande des Gleichgewichtes in der Atmosphäre stärkere Stürme entstehen können. So wie jene obere cirröse Bedeckung dichter wird und sich vielleicht in die Tiefe senkt, bilden sich nicht selten dunkle Cumuli in der Tiefe, welche oft mit unglaublicher Schnelligkeit zunehmen; gleichzeitig erkennt man häufig schon im Anfange, wo diese Bildung beginnt, verschiedene Windrichtungen. Diese Bewölkung einzelner Stellen, an denen natürlich die Temperatur sinken muß, trägt nothwendig ebenfalls sehr viel zur Entstehung neuer Luftströme bei. Es kann eine solche Bewölkung sich recht wohl ohne Spur von Niederschlag auflösen, wie dieses häufig geschieht; es bedarf aber gewiß öfter nur einer unbedeutenden Veranlassung, um eine starke Störung dieses Zustandes zu bewirken. An einer Stelle darf kalte Luft in die Tiefe sinken und lebhafte Winde werden entstehen, bei dieser Vermischung ungleich warmer Luftschichten finden dann unaufhörlich neue Niederschläge von Dämpfen mit Entwicklung einer starken E. Statt.

Alle diese Niederschläge werden noch in einem höhern Grade hervortreten, wenn kalte nördliche Winde dieses Vordringen der

südlichen Winde zu verhindern streben; daß aber letzteres häufig der Fall ist, geht besonders daraus hervor, daß das Barometer nach dem Hagelwetter zu steigen anfängt. An der Gränze, wo beide in ihrer größten Stärke zusammentreffen, wird die Condensation der Dämpfe sehr stark, die Wolken erhalten ein dunkles, blaugraues Ansehen, es bilden sich nicht selten noch mehrere Wolkenschichten unter einander, von denen besonders die untersten gewöhnlich ein gräßliches Ansehen haben. In geringer Höhe schwebend gleichen sie traubenförmigen Säcken und Schläuchen, welche jeden Augenblick herabzustürzen scheinen, darin sind nicht selten lebhaft wirbelförmige Bewegungen zu erkennen. Zu anderen Zeiten haben diese Wolken ein helleres Ansehen als die höheren Schichten, in den meisten Fällen werden sie von einem andern Winde getrieben, als diese. Wenn jetzt der eine dieser Winde plötzlich an Heftigkeit zunimmt, wenn die wirbelförmige Bewegung sich bis zu bedeutender Höhe erstreckt, dann nehmen die Schneeflocken, welche schon am Morgen in der Atmosphäre schwebten, schnell an Volumen zu, erhalten die Gestalt des Graupelkornes und werden meistens von einem starken Winde fast in horizontaler Richtung fortgetrieben, weshalb sie so geneigt gegen den Boden fallen. Dabei wird so viel E frei, daß ein Blitz erfolgt, aber häufig noch ehe man den Donner hört, fallen die Hagelkörner zu Boden. Indessen bedarf es zur Ausbildung größerer Hagelkörner stets neuer Windstöße und daher fällt der Hagel jedesmal nur kurze Zeit, oft wenige Secunden herab; jeder neue Erguß ist aber mit einem Blitze verbunden; jeder einzelne Windstoß selbst dauert auch nur kurze Zeit, und daher nähern sich bei jedem Herabstürzen die Hagelkörner immer mehr der verticalen Richtung, welche sie zuletzt fast gänzlich erreichen.

Hiermit ist freilich nur die Möglichkeit gezeigt worden, daß die Schneeflocken, deren Gegenwart in der Höhe durch die Cicri erwiesen wird, in Hagelkörner übergehen können; ob dieses aber wirklich geschieht, ob die Ebenen und tieferen Gegenden von Hagel getroffen werden, wie letzterer beschaffen ist, das hängt von der Beschaffenheit der ganzen übrigen Atmosphäre ab. Sind die Körner in der Höhe nur klein, ist die Atmosphäre noch in bedeutender Höhe ziemlich warm, dann kann es wohl geschehen, daß die Körner während ihres Falles bis zur Tiefe geschmolzen

werden, nothwendig aber ist ihre Temperatur sehr klein; unaufhörlich schlägt sich deshalb auf ihrer Oberfläche Dampf nieder, und dieses sind die großen Regentropfen, die wir bei Gewittern so häufig beobachten, welche aber eben so wie der Hagel pausenweise fallen. Zu solchen Zeiten aber fällt in den Gebirgen fast immer Hagel oder Schnee. Auch ohne Gewitter geschieht dieses häufig, wie ich auf dem Rigi mehrere heftige Hagelschauer erlebt habe, während es in der Tiefe regnete, etwas, was nach der Versicherung des Wirthes und der Führer sehr häufig geschehen soll.

Ist dagegen die Temperatur in der Höhe geringer, die Hagelkörner selbst kälter, dann kann auch in der Tiefe Hagel ankommen. Wird das Graupelkorn fortgetrieben oder fällt es zu Boden, so schlägt sich auf seiner Oberfläche unaufhörlich neuer Dampf oder Wasser nieder, und so wird es schnell an Umfang wachsen. Wie dieser Niederschlag beschaffen ist, das hängt zum Theil von der Beschaffenheit der durchlaufenen Regionen ab. Gehen wir von der pyramidalen oder birnförmigen Gestalt aus, so bewegt sich ein solcher Körper sowohl in verticaler als horizontaler Richtung fast stets dergestalt, daß der dickere Theil der vordere ist, und hier wird sich also auch der neue Niederschlag bilden, außer wenn etwa die Bewegung des Kornes durch starke wirbelförmige Bewegung der Luft selbst in eine drehende verwandelt wird. Ist die Luftschicht, durch welche das Korn getrieben wird, frei von Wolken, oder sind diese doch nicht sehr dicht, so schlagen sich Dämpfe auf der Oberfläche des Kornes nieder, ähnlich wie wir beim Reife sehen. Dadurch wird die schneeartige Masse vergrößert; geht es nun durch eine dichtere Wolkenmasse, in welcher sich neben den Nebelbläschen schon viele Wassertropfen befinden, dann bildet sich durchsichtiges Eis, in dessen Innern wir das gewöhnliche Graupelkorn finden; es ist also dieselbe Bildung als bei gefrorenen Regentropfen, welche im Winter nach großer Kälte bei schnell eintretendem Thauwetter fallen. Geht ein solches Korn durch mehrere Wolkenschichten, zwischen denen sich Luftmassen ohne Wolken befinden, und sind in letzteren keine Regentropfen vorhanden, die aus der Höhe gefallen sind, dann bilden sich mehrere concentrische Schichten, die abwechselnd aus Schnee und Eis bestehen, wie dieses öfter beobachtet worden ist.

Nach dieser Ansicht ist also die schnelle Wärmeabnahme nach oben der wichtigste Umstand, welcher zur Entstehung des Hagels Veranlassung giebt, und hieraus folgt von selbst, daß der Hagel vorzugsweise zur Zeit der größten Wärme sowohl im Jahre als im Tage herabfällt, weil dann der aufsteigende Luftstrom am lebhaftesten ist. Damit aber ist die Möglichkeit des Hagelfalles zu anderen Tageszeiten nicht widerlegt; denn wenn die südlichen Winde in ihrer Lebhaftigkeit fortbauern, so können die Cirri noch am Abend und während der Nacht dichter werden, und wenn dann die nördlichen Winde erst recht lebhaft werden, dann haben wir nächtlichen Hagel, obgleich freilich weniger häufig, weil der aufsteigende Luftstrom fehlt. Aus derselben Ursache folgt aber auch zugleich, wie ungeachtet der gleichen Temperatur der Ebenen der Hagel zwischen den Wendekreisen unendlich seltener ist, als in höheren Breiten, denn dort fehlt die schnelle Abnahme der Wärme, welche wir hier stets vor Hagelwettern antreffen.

Endlich ergibt sich besonders aus dem Kampfe der Winde manche Eigenthümlichkeit, welche sich bei Hagelwettern unter besondern Verhältnissen zeigt. Alles, was den Kampf der beiden entgegengesetzten Winde oder überhaupt die lebhafte Bewegung der Luftmassen befördert, wird auch die Bildung des Hagels begünstigen. Daher sind in Gebirgsgegenden, wo die Unebenheiten des Bodens einerseits die Luft in ihrer Bewegung hindern, ihr aber an anderen Stellen eine um so größere Geschwindigkeit mittheilen, die Hagelwetter häufiger, als in Ebenen, selbst geringe Ungleichheiten des Bodens äußern hier eine große Wirkung. Waren hier die Localverhältnisse und der Zug der Luftströmung bei allen Hagelwettern durch vieljährige Beobachtungen erforscht, so würde man hieraus vielleicht sehen, wie in manchen Ländern eine Gegend so sehr dem Hagel ausgesetzt ist, während er in benachbarten Strichen unbekannt ist. Enge, von hohen Bergen eingeschlossene Thäler, zeichnen sich nicht selten durch große Seltenheit des Hagels aus, so der Canton Wallis, so das Thal von Aosta. Aber die Tiefe dieser Thäler hat eine große Hitze, bei welcher die Körner vor der Ankunft zum Boden geschmolzen werden; sodann schwächen die hohen Bergketten, welche die Thäler umgeben, den Kampf der entgegengesetzten Winde, oder schränken ihn mehr auf die höchsten Regionen ein, und so werden die Kör-

ner gleich im Augenblicke ihrer Entstehung keine bedeutende Größe haben, also noch leichter geschmolzen werden. Wo sich dagegen diese Thäler in die Ebene verlieren, sind die Hagelwetter um so heftiger, namentlich am südlichen Abhange der Alpen, weil hier die südlichen Winde bei ihrem Vordringen nach Norden einen Widerstand erleiden und die nördlichen Winde, wenn sie einmal über die Alpen gedrungen sind, hier um so heftiger daher brausen.

Es bliebe nun noch die Frage zu beantworten, weshalb die meisten Hagelwetter auf einem Raume erscheinen, welcher bei geringer Breite eine so bedeutende Länge hat, wie z. B. bei dem Hagelwetter am 13. Julius 1788, welches sich vom westlichen Frankreich bis Holland erstreckte. Aber zu einer genügenden Untersuchung dieses Gegenstandes fehlt fast jede Spur von Beobachtungen. Jedoch aus den freilich unvollkommenen Mittheilungen, die sich in den Mannheimer Ephemeriden befinden, scheint mit großer Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, daß wir es bei diesem Gewitter mit einem lebhaften Kampfe nördlicher und südlicher Winde zu thun haben. Schon seit dem 11ten sank das Barometer fast an allen Orten, doch war dieses Sinken desto bedeutender, je näher die Orte an Frankreich lagen; in Baiern betrug es vom 11ten bis 12ten im Mittel nur etwa $0''{,}2$; das Regen in Brüssel, Middelburg und Rochelle etwa $0''{,}6$; vom 12ten bis 13ten sank es in Baiern im Mittel nahe um $1''{,}5$. Jedoch schon in Rochelle war das Barometer im Mittel um $0''{,}9$ gestiegen, während es in Brüssel und Middelburg um $1''$ sank. Vom 13ten bis 14ten steigt das Barometer fast allenthalben, in Baiern um etwas mehr als $1''$, in Holland nahe $1\frac{1}{2}''$. Es ist also wahrscheinlich ein südlicher Wind durch einen nördlichen verdrängt worden, und auf der ganzen Linie des Kampfes zeigten sich heftige, kurze Zeit dauernde Windstöße, welche die eisigen Massen aus der Höhe herabschleuderten und starke Bäume entwurzelten. Selten werden aber wohl die Bedingungen zur Entstehung solcher Phänomene vorhanden seyn, daher finden wir selten Niederschläge auf einem so großen Raume, meistens sind sie mehr local, zeigen aber stets das Characteristische, daß der Hagel nur an der Gränze beider Winde fällt. So wie übrigens der Regen in einem Jahre mehr mit nördlichen Winden aus einer Wolkenschicht, in einem zweiten mehr mit südlichen

Winden aus zwei Schichten herabfällt, so sind auch in einem Jahre die Bedingungen zur Entstehung des Hagels mehr vorhanden als in einem andern, und daraus müssen wir es uns erklären, weshalb einzelne Jahre so reich, andere so arm an Hagel sind,

W a s s e r h o s e n .

Die Wirbelwinde, welche sich häufig bei der Ankunft von Gewittern zeigen, haben zuweilen eine ungewöhnliche Stärke, und werden dann je nach der Eigenthümlichkeit ihres Ansehens mit dem Namen Wasserhosen, Sandhosen oder Sandwirbel, Tromben genannt. Diese Wirbel haben die größte Aehnlichkeit mit denen, welche wir beobachten, wenn zwei Wassermassen neben einander mit verschiedener Geschwindigkeit fließen. Kleine Wirbel bemerken wir häufig bei schwachem Winde hinter einem Hause oder einem andern frei stehenden Gegenstande. Indem hinter diesem die Luft gewissermaßen stagnirt, wirken auf die Lufttheilchen an der Gränze dieser Luftmasse und des vorbeiströmenden Windes mehrere Kräfte. Denken wir uns eine horizontale Linie senkrecht auf die Trennungsfäche gezogen, so befinden sich in ihr einige Theilchen vollkommen im Zustande der Ruhe, während der Wind andere mit der ihm eigenthümlichen Geschwindigkeit fortreibt, jedoch wird von den letzten ruhenden Theilchen aus bis zu dem, welches die Geschwindigkeit des Windes hat, ein allmählicher Uebergang Statt finden, und so bilden sich nothwendig Wirbel, welche zum Theil mit dem herrschenden Winde fortrücken. Man erkennt diese Wirbel daran, daß leichte Körper, wie Spreu, Baumblätter, Staub u. s. w. oft mehrere Fuß hoch gehoben werden. Aehnliche, nur großartigere Phänomene sind die Wasserhosen, bei denen die Wirbel sich sowohl auf der Oberfläche des Meeres als in den Wolken zeigen, wobei das Wasser erhoben, die Wolke in die Tiefe gesenkt wird und häufig eine Verbindung beider Statt findet.

Die Wasserhosen zeigen sich nicht allenthalben auf dem Meere gleich häufig. Auf der Mitte der Aequatorialmeere treffen wir sie nur da an, wo der Passat nicht regelmäßig weht, sie sind hier nur in der Region der Calmen. Am häufigsten treffen wir sie in der Nähe des Landes und in Kanälen, und hier so

wie im Innern der Länder zeigen sie sich besonders häufig beim Wechsel der Mouffons. Etwas Aehnliches läßt sich von höheren Breiten sagen, nicht selten zeigen sie sich hier, wenn in größerer oder geringerer Ferne ein Gewitter Statt findet.

Nach allen von mir und Andern gesammelten Thatfachen entstehen die Wasserhosen vorzugsweise dann, wenn zwei entgegengesetzte Winde neben einander fortstreichen, oder wenn in der Höhe ein lebhafter Wind weht, in einiger Tiefe aber die Luft ruht. Ein merkwürdiges Beispiel dieser Art erlebte ich im Jahre 1832 auf dem Rigi. Während ich auf dem Culme war, bemerkte ich, daß von beiden Seiten des Thales, welches bei der Rigi-Staffel beginnt und sich gegen die Schuttmasse von Goldau zieht, dichte Nebelmassen entgegenkamen, während an meinem Standpunkte bei windstillem Wetter die Sonne schien; nach wenigen Minuten kamen die Massen mit Heftigkeit zusammen, ich bemerkte eine lebhafte kreisende Bewegung in ihr, aber mit unglaublicher Schnelligkeit breitete sich die Wolkenmasse aus, heftige Windstöße erfolgten und Regen und Hagel wurden herabgeschleudert. Dabei war die Temperatur so gesunken, daß die Tropfen, welche zwischen die Zähne an den Rädern eines Voltmann'schen Anemometers gefallen waren, froren und das Instrument ungeachtet des lebhaften Windes zur Ruhe brachten. Ein Arzt aus Danzig, welcher am Abend auf dem Rigi ankam, erzählte mir ohne mein Befragen, er habe auf dem Vierwaldstädter See einen heftigen Sturm gehabt, bei welchen ihm mehrmals die verschiedene Richtung der Wolken aufgefallen wäre, gleichzeitig habe sich eine Wasserhose gebildet.

Sind die Luftströme, welche in den höheren Schichten der Atmosphäre einander entgegenkommen oder neben einander fortstreichen, heftig, ihre Temperatur und ihr Dampfgehalt sehr verschieden, so wird der Dampf mit Schnelligkeit condensirt. Indem der Wirbel sich vergrößert, senkt er sich zugleich in die Tiefe, dabei werden die Dampfbläschen nach unten geführt, wobei der Durchmesser der Säule gegen die Tiefe kleiner wird. Dabei bleibt die Frage unentschieden, ob wirklich ein Herabführen von Nebelbläschen Statt finde, oder ob nicht vielmehr die Condensation der Dämpfe nur nach unten fortgesetzt werde. Endlich erreicht der Wirbelwind die Oberfläche des Meeres, dieses wird unruhig, es

erhebt sich zu Tropfen gepeitscht und hat ganz das Ansehen eines rauchenden Ofens. Indem sich von oben die Wolke senkt, von unten das Meer erhebt, vereinigen sich endlich beide und es findet nun eine Verbindung zwischen Wolke und Meer Statt. Zuweilen geschieht es auch wohl, daß sich das Meer in Gestalt eines Kegels erhebt, während aus der Wolke ein umgekehrter Kegel herabsinkt, wobei sich beide gleichzeitig nach derselben Richtung bewegen, ohne sich zu vereinigen. In den meisten Fällen aber ist die Säule in der Mitte dünner als oben und unten. In anderen Fällen geschieht es auch wohl, daß die erste Spur der Wasserhose sich an der Oberfläche des Meeres zeigt, daß hier sich ein Kegel erhebt, und daß die Condensation der Dämpfe in der Höhe erst nach einiger Zeit beäunnt.

Daß der größte Theil der Wasserhose aus condensirten Wasserdämpfen besteht, geht besonders aus dem Umstande hervor, daß das aus derselben herabstürzende Wasser, welches auf dem hohen Meere auf Schiffe fiel, nicht salzig war. Doch gesellen sich zu den Nebelbläschen wahrscheinlich in die Höhe gerissene Massen, ähnlich den vorher erwähnten Baublättern.

Ist die Luft sehr trocken, dann vermögen diese Wirbel nicht immer eine Condensation der Dämpfe zu bewirken, dann wird die Heftigkeit dieser Winde nur um so auffallender. So gingen einst zwei Freunde von mir bei theilweise bewölktem Himmel von Siebichenstein nach Halle neben einander; in geringer Entfernung wurden sie durch einen Windstoß aus einander getrieben, der eine rechts quer über den Weg gegen eine Mauer, der andere links in das Feld geworfen, ohne daß Personen, welche in einiger Entfernung hinter ihnen gingen, das geringste Zeichen von Trübung der Luft gesehen hatten.

Fast alle Beobachter erwähnen, daß die langsam fortziehende Wasserhose sich um ihre Ase nach Art eines Kreiseis drehe. Steigt der Luftstrom in die Höhe, wie wir dieses bei den sogenannten Sandhosen sehen, so werden bedeutende Massen fortgeführt. So hörte Wolke von einem Landprediger bei Zeber, er habe zu Kopsolt, drei Meilen von der See, eine Wasserhose nicht weit von sich vorbeiziehen sehen, die einen Weiher fast wasserleer gemacht und die Fische aus demselben auf das Land umher zerstreut habe. Wie heftig dabei die Stärke des Windes sey,

zeigen fast alle Beschreibungen solcher Phänomene. So sah Dr. Mercer in dem Hafen von St. Jean auf Antigua zwei oder drei Wasserhosen; auf der Oberfläche des Meeres zeigte sich ein Kreis von etwa 20 Ruthen im Durchmesser, in welchem das Wasser heftig bewegt und schnell in die Luft getrieben wurde. Als sie auf das Land kam, nahm sie Latten, Stangen, große Stücke Zimmerholz, ein kleines hölzernes Häuschen u. s. w. mit sich fort, sie hob letzteres aus seinem Fundamente heraus, führte es 40 Fuß von seiner Stelle fort und stellte es hier wieder auf, ohne es zu zerbrechen oder umzuwerfen. Dabei war es merkwürdig, daß das Haus von Osten nach Westen getragen wurde, obgleich die Wasserhose ihren Zug von Westen nach Osten nahm. Es möge unter vielen Nachrichten dieser Art, von denen fast jährlich einige in öffentlichen Blättern mitgetheilt werden, genügen, die folgende mitzutheilen. Am 25. October 1820 hatte man auf einer Bleiche in Schlesien so eben einige hundert Schock weiße Leinwand, die auf derselben ausgespannt waren, begossen, und die Leute saßen bei Tische, als nach 12 Uhr ein Sturmwind hereinbrach, der so dicke Staubwolken aufwirbelte, daß sich das Tageslicht in dicke Finsterniß verwandelte. Er zerdrückte die Fenster des Bleichhauses, auf welche er stieß, warf die Flügelthüren unter fürchterlichem Krachen ein, hob alle anderen Thüren aus ihren Angeln, so daß der Wind allenthalben quer durch dasselbe hinauskam und warf einen großen Leiterwagen, der vor der Thür stand, dergestalt um, daß die Räder zu oberst gefehrt waren. Die Leinwand wurde emporgehoben und in mehrere Knäuel aufgewickelt und das größte derselben in gerader Richtung mehr als 40 Fuß hoch über das Bleichhaus fortgeführt und 150 Schritte weit in Gräben und Strauchwerk geschleudert. Man hatte mehrere Stunden lang zu thun, um die ganze in einander gefilzte Masse wieder zu entwirren; sie bestand aus 27 Schock, wovon jedes naß 23 Pfund wog, und in der Mitte des Knäuels steckte ein 7 Fuß langer, $2\frac{1}{2}$ Zoll dicker und 11 Zoll breiter Pfosten, der zum Stege über einen nicht weit entfernten Graben gedient hatte. Der Wirbelwind hatte ihn zugleich mit der Leinwand in die Luft geführt, diese um ihn wie um eine Rolle aufgewickelt und das ohne den Pfosten fast 5 Centner schwere Knäuel über das Haus geführt.

Wer sich an die Kraft erinnert, mit welcher selbst kleine Wirbel auf der Oberfläche des Wassers wirken, für den bedarf es wohl nicht eines ausführlichen Beweises, daß ähnliche Luftwirbel mit einer so großen Kraft wirken können. Man hatte bei diesem Vorgange zu wenig die Gesetze der Schwingkraft beachtet, und daher geschah es, daß mancherlei Hypothesen über die Ursache dieser Phänomene aufgestellt wurden. So sollte namentlich die Electricität Ursache davon seyn, zumal da man häufig zugleich Donner und Blitz im Innern der Masse beobachtete. Aber bei einer schnellen Condensation der Dämpfe muß nothwendig eine starke E erzeugt werden. Führt man zu Gunsten dieser Hypothese an, daß die E in Flüssigkeiten ähnliche Wirbel erzeugen könne, so ist dieses kein Beweis, da wir letztere auch auf mechanischem Wege mit größerer Leichtigkeit hervorbringen können. Andere Hypothesen sind zum Theil gar wunderbar. So soll an der Stelle, wo die Wasserhose sich bildet, plötzlich ein luftleerer Raum entstehen, in welchen das Wasser wie in einen Pumpensiefel getrieben wird. Gesezt aber auch, die Entstehung eines solchen leeren Raumes wäre möglich, wovon ich freilich den Grund nicht einsehe, so würde das Wasser doch höchstens 30 Fuß hoch steigen und die kreisende Bewegung ganz wegfallen; endlich würde die Entstehung der Staubwirbel gar nicht zu begreifen seyn. Noch Andere glauben, daß an der Stelle, wo die Masse erscheint, plötzlich Gase aus dem Innern der Erde hervorbrecen und das Wasser in die Höhe treiben, doch bedarf diese Ansicht noch weniger einer Widerlegung, da ein solches Hervorbrecen durch keine einzige Thatsache erwiesen werden kann.

Siebenter Abschnitt.

Von den optischen Phänomenen.

Wir haben bisher nur die erwärmende Kraft der Sonne betrachtet; wir haben gesehen, wie von ihrer Bewegung die tägliche und jährliche Wärme abhinge, wie durch ungleiche Temperatur verschiedener Gegenden Winde erzeugt würden, welche die Luft entfernter Gegenden mit einander vermischend, die nächste Veranlassung zu trübem oder heiterm Wetter wurden und große Ungleichheiten im Drucke der Luft erzeugten, Veränderungen, welche in der Regel zugleich mit einer Verschiedenheit im electrischen Zustande der Atmosphäre verbunden sind. Es bleibt uns noch die zweite Seite von der Einwirkung der Sonne auf unsere Erde zu betrachten, wir müssen nämlich die Phänomene verfolgen, welche sie uns als leuchtender Körper zeigt. Ich will deshalb zuvor noch einige der wichtigsten Erfahrungen über das Licht mittheilen.

Wesen des Lichtes.

In den Sonnenstrahlen sind Wärme und Licht so innig verbunden, daß es bis jetzt noch keinesweges ausgemacht ist, ob wie beide als verschiedene Wesen oder nur als Modificationen desselben Stoffes ansehen müssen, so daß es schwer hält, beide Ausprägungen scharf zu sondern. Wir wollen in diese Frage nicht tiefer eingehen, da die ganze Untersuchung zunächst in das Gebiet der Experimentalphysik gehört. Eben so wenig wollen wir hier untersuchen, worin das eigentliche Wesen des Lichtes besteht. Ver-

kanntlich sind darüber vorzugsweise zwei Hypothesen aufgestellt worden. Nach der einen derselben ist das Licht etwas Materielles, Lichtkügelchen werden mit großer Geschwindigkeit von dem leuchtenden Körper weggeschleudert, und indem sie auf die Organe des Gesichtes wirken, setzen sie uns in den Stand den Körper zu sehen, von welchem sie ausgehen. Nach einer zweiten Ansicht, welche weit naturgemäßer zu seyn scheint, entsteht das Licht durch die Schwingungen eines feinen Fluidums, welches durch den ganzen Weltraum und das Innere aller Körper verbreitet ist, welches wir mit dem Namen Aether bezeichnen. Darnach ist in den ursprünglich leuchtenden Körpern eine Ursache vorhanden, welche den Aether auf eine ähnliche Weise in eine wellenförmige Bewegung bringt, als etwa eine angeschlagene Saite die Luft; auf dieselbe Weise, auf welche diese Schallschwingungen sich durch die Luft fortpflanzen, thun dieses die Lichtschwingungen im Aether, und so wie erstere auf die Organe des Gehöres einwirken, erzeugen letztere in dem Auge die Empfindung des Lichtes. Wenn diese Bewegungen aber aus dem luftleeren, nur mit Aether erfüllten, Raume in andere Körper übergehen, so erleiden sie mancherlei Modificationen, von denen wir hier einige betrachten wollen, welche für unsere Untersuchung am wichtigsten sind.

Brechung und Reflexion des Lichtes.

Da der Aether nur ein hypothetisches Fluidum ist, dessen Gewicht und anderweitige Eigenschaften wir nicht durch directe Versuche bestimmen können, so läßt sich auch nichts über seine Beschaffenheit im Innern verschiedener Körper sagen. Dürfen wir indessen mehrere Erfahrungen über die Luft darauf anwenden, so wird es wahrscheinlich, daß die Dichtigkeit desselben im Innern der Körper größer ist, als im luftleeren Raume, daß aber diese Vergrößerung der Dichtigkeit je nach der verschiedenen Beschaffenheit der Körper ungleich ist. Fast alle Körper, besonders die sehr porösen, haben die Eigenschaft, in ihren Poren eine Menge von Luft aufzunehmen und dieselbe zu verdichten. Man nehme z. B. frisch ausgeglühte Kohle, lasse diese im luftleeren Raume erkalten, lege sie in eine kleine auf Quecksilber schwimmende Schale und stelle darüber eine kleine Glasglocke. In kurzer Zeit wird die unter der letztern befindliche Luftmenge kleiner, die

Kohle hat das Verschwundene in ihren Poren aufgenommen, und da die verschwundene Luftmasse nach einiger Zeit bedeutend größer ist, als der Raum, welchen die Kohle einnimmt, so müssen wir daraus folgern, daß sie im Innern der Kohle verdichtet wurde. So bedeutend ist diese Verschluckung von Luft, daß, wenn wir z. B. 100 Pfund frisch geglühter Kohle der Atmosphäre aussetzen, das Gewicht nach einiger Zeit 110 Pfund beträgt. Fast alle Körper zeigen uns eine solche Anziehung gegen die Luft, nur ist sie je nach ihrer Beschaffenheit ungleich, und wahrscheinlich wird etwas Ähnliches beim Aether Statt finden.

Kommt das Licht aus dem leeren Raume zu einem andern, etwa durchsichtigen Körper, so ändern sich mit der Dichtigkeit des Aethers auch die Schwingungen; in Betreff auf ihre innere Natur bleiben sie unverändert, aber es ändert sich die Weite der Excursionen, gleichsam der Abstand des höchsten und tiefsten Punktes einer Welle, welche auf der Oberfläche des Wassers erzeugt wird. Das Licht zerlegt sich in zwei Theile, der eine wird zurückgeworfen, der andere geht in den zweiten Körper hinein. Auch hier zeigt uns der Schall dasselbe Phänomen. Treffen die Schallwellen etwa auf eine feste Wand, so pflanzt sich ein Theil dieser Bewegung durch die Wand hindurch fort, und wir hören daher den Schall hinter derselben; ein Theil aber wird zurückgeworfen und es entsteht ein Echo.

Die Erfahrung zeigt indessen, daß diese Zurückwerfung eines Lichtstrahles im Allgemeinen nicht nach der Richtung geschieht, aus welcher er kam. Lassen wir ihn auf eine vollkommen ebene und polirte Fläche fallen, denken uns dann in dem Punkte, wo er letztere trifft, ein Perpendikel gezogen, so liegen einfallender und reflectirter Strahl in einer Ebene, welche auf der Fläche senkrecht steht, aber der reflectirte liegt jenseits des Perpendikels und macht mit letzterm einen Winkel, welcher eben so groß ist, als der, welchen der einfallende bildete. Ist der Körper, auf welchen das Licht fällt, möglichst vollkommen polirt, nähert sich also seine Oberfläche so genau als möglich dem Begriffe einer geometrischen Ebene, dann ist die Lichtmenge, welche auf diese Weise reflectirt wird, sehr bedeutend, der leuchtende Körper erscheint uns mit allen seinen Umrissen, wie dieses bei dem sogenannten Spiegel der Fall ist. Indessen sind nur wenige

Körper mit vollkommenen Ebenen versehen, die meisten haben rauhe Oberflächen, welche wir uns zusammengesetzt denken können aus einer großen Zahl kleiner Ebenen, welche gegen einander und also auch gegen den einfallenden Lichtstrahl sehr verschieden geneigt sind; nach allen Seiten gehen daher Lichtstrahlen, wir erhalten kein scharfes Bild, aber die erleuchteten Gegenstände werden uns durch diese Strahlen sichtbar.

Der zweite Theil des auffallenden Strahles dringt in das Innere der Körper, und wofern letztere durchsichtig sind, tritt er wieder heraus. Aber wofern der aus dem leeren Raume oder der Luft zu einem Körper gelangende Strahl nicht auf der Oberfläche des letztern senkrecht steht, wird er bei seinem Eintritte in letztern von seiner bis dahin verfolgten Bahn abgelenkt, setzt aber seinen Weg geradlinig fort, so lange er in diesem Körper bleibt, bis er bei dem Austritte an der hintern Fläche auf Neue von seiner Bahn abgelenkt wird. Man bezeichnet dieses Phänomen mit dem Namen der Strahlenbrechung; der Winkel, welchen der einfallende und gebrochene Strahl mit einander machen, hängt zwar zugleich von der Neigung des Strahles gegen die Oberfläche des Körpers und der Beschaffenheit des letztern ab, jedoch sind beide durch eine so innige Relation verbunden, daß, wenn man diese Ablenkung bei einem Körper für einen einzigen einfallenden Strahl bestimmt hat, sich derselbe für jede andere Neigung des letztern berechnen läßt. Auf dieser Brechung beruht die ganze Einrichtung der Fernröhre und die Thatsache, daß, wenn man einen Gegenstand durch ein dreiseitiges Prisma betrachtet, dieser an einer ganz andern Stelle zu liegen scheint, als derjenigen, wo er sich wirklich befindet.

F a r b e n.

Wenige Gegenstände der Erfahrung haben wohl seit den ältesten Zeiten zu so vielen Hypothesen Veranlassung gegeben, als das Erscheinen der Farben; bald sollten sie wirkliche Eigenschaften der Körper seyn, bald sollten sie nur von Modificationen des Lichtes herrühren; aber über die Beschaffenheit dieser Modificationen waren wieder die Ansichten in hohem Grade getheilt. Besonders beliebt war die Hypothese, daß diese Verschiedenheit nur von ungleichen Graden der Helligkeit herrühre, dergestalt,

daß der am lebhaftesten beleuchtete Körper weiß erschiene, so wie diese Helligkeit aber wieder abnähme, bemerke man gelb und roth, während die blaue Farbe ein lebhaft erleuchtetes Schwarz wäre u. s. w. Diese Ansicht wurde besonders in neueren Zeiten von Götthe wieder hervorgeholt, allein gerade in seiner Farbenlehre erscheint dieselbe in ihrer Schwäche; die lebendige Darstellung der ganzen Untersuchung verführt gewiß jeden Anfänger dazu, diese Ansicht für richtig zu halten, bei ernsterer Beschäftigung mit dem Gegenstande aber erkennt man bald das Unhaltbare derselben. Dieses ist auch Ursache, daß diese Ansicht in Deutschland so viele Anhänger hat, zumal da man glaubt, daß Götthe auch ein gründlicher Naturforscher seyn müsse, weil er ein großer Dichter ist, jedoch giebt es unter allen diesen Anhängern wohl kaum einen einzigen Physiker; viele derselben schimpfen auf die Farbenlehre Newton's, ohne sie je gesehen zu haben, höchstens stützen sie sich auf die Prüfung derselben durch Götthe, welche freilich fast in jeder Zeile den Beweis liefert, daß er das Werk, welches er beurtheilte, nicht verstanden hat.

So verschieden die Verhältnisse sind, unter denen die Farben erscheinen, so liegt ihnen doch größtentheils die von Newton zuerst beobachtete Thatsache zum Grunde, daß das weiße von der Sonne zu uns kommende Licht aus einer großen Anzahl verschieden gefärbter Strahlen besteht, welche eine ungleiche Brechung erleiden. Lassen wir z. B. durch eine runde Oeffnung einen Sonnenstrahl gehen und diesen auf ein Glasprisma fallen, so macht der aus dem Prisma hervortretende Strahl mit dem einfallenden einen Winkel, welcher von dem Einfallswinkel des Strahles und der Gestalt und Beschaffenheit des Prismas abhängt. Aber die kreisförmige Gestalt und die weiße Erleuchtung des hellen Raumes sind verschwunden, man bemerkt ein Farbensbild (Spectrum), dessen Länge mehrfach größer ist als seine Breite, und welches bei hohem Stande der Sonne an der einen Seite roth, an der andern violett gefärbt ist, zwischen beiden bemerkt man die übrigen Farben des Regenbogens, von denen die eine in die andere allmählich übergeht. Stets ist der Winkel, welchen die violetten Strahlen nach ihrem Austritte aus dem Spectrum mit dem ursprünglich einfallenden Strahle bilden,

größer als der Winkel, den die blauen machen, und für die grünen, gelben, orangen und rothen nimmt dieser Winkel immer mehr ab. Lassen wir irgend einen dieser gefärbten Strahlen durch eine enge Oeffnung gehen und dann auf ein zweites Prisma fallen, so findet keine weitere Zerlegung mehr Statt, aber der Winkel, welchen der aus diesem zweiten Prisma hervortretende Strahl mit dem auf selbiges fallenden Strahle bildet, ist bei einerlei Stellung desselben Prismas bei violetten Strahlen am größten, bei rothen am kleinsten. Wir müssen aus diesen Thatfachen zwei Folgerungen herleiten. Strahlen nämlich von verschiedener Farbe haben eine ungleiche Brechbarkeit und das weiße Licht der Sonne ist aus verschieden gefärbten Strahlen zusammengesetzt, welche erst durch ihre Vereinigung weiß geben, aber im Prisma von einander getrennt werden.

Fast alle Strahlen, welche wir von terrestrischen Gegenständen erhalten, sind gefärbt; die Körper wirken auf das weiße Sonnenlicht ein, aber indem sie dieses zerlegen, verschlucken sie einige Farben, und so werden nicht mehr alle Strahlen in gleicher Menge zurückgeworfen oder durchgelassen, und hierin liegt eben der Grund, daß uns die Körper selbst gefärbt erscheinen, indem die übrig gebliebenen Strahlen einen Eindruck auf das Auge machen, welcher ihrer Summe entspricht. Betrachten wir z. B. das durch Kobalt gefärbte Glas, so verschluckt dieses vorzugsweise die rothen Strahlen, daher bleiben die auf der blauen Seite des Farbenspectrums übrig und geben dem Glase durch ihre Vereinigung ein blaues Ansehen. Auch hier vermag das Prisma die Zusammensetzung des Lichtes anzugeben; läßt man z. B. das durch eine schmale Spalte kommende und durch einen solchen Körper gegangene Licht durch das Prisma fallen, so ist nicht nur das Verhältniß der Farben nicht mehr dasselbe als bei weißem Lichte, sondern es fehlen in dem Spectrum einige Strahlen, welche durch schwarze Intervalle angedeutet werden.

Da das Auge eben so wie jedes andere Organ unseres Körpers durch längere Fortdauer eines Eindruckes ermüdet wird, und da zugleich die Empfindung dieses Eindruckes noch längere Zeit fort dauert, nachdem die wirkende Ursache entfernt ist, so ergibt sich daraus und aus der Zusammensetzung des weißen Lichtes eine Reihe von Farben, welche gewöhnlich subjective oder

physiologische heißen. Man betrachte aufmerksam einen grünen Kreis, welcher auf weißem Grunde gezeichnet ist, und schließe nun das Auge, so bemerkt man noch stets den grünen Kreis auf hellem Grunde, indem die Empfindung noch einige Zeit an den Stellen unseres Auges fort dauert, wohin vorher das Bild der grünen und der weißen Fläche fiel. Sieht man dagegen auf eine mäßig erleuchtete weiße Fläche, dann bemerkt man einen röthlichen Kreis auf hellem Grunde. Diejenige Stelle des Auges nämlich, wohin vorher das Bild des grünen Kreises fiel, ist jetzt für die grünen Strahlen etwas abgespannt, und so machen auf dieselbe die übrigen im weißen Lichte enthaltenen Strahlen einen lebhaftern Eindruck; entfernen wir nun aus dem Spectrum die grünen und verwandten Strahlen, so gibt die Vereinigung der übrigen Roth. Hätten wir umgekehrt einen rothen Kreis betrachtet, so würde man bei Betrachtung einer weißen Fläche einen grünen erblickt haben. Diese Abspannung ist Ursache, daß wir so häufig da Farben zu erblicken glauben, wo diese nicht vorhanden sind, oder daß wenigstens die Färbung eines Gegenstandes, der die Farbe der benachbarten abändert, wodurch bekanntlich in der Malerei häufig so wundervolle Effecte hervorgebracht werden. Man nehme z. B. ein Buch mit recht weißem Papiere, aber mit grünem Schnitte, man blättere darin, so daß schnell vor dem Auge bald dieser grüne Schnitt, bald das weiße Papier vorbizieht, so erhält letzteres nach wenigen Momenten eine röthliche Farbe, welche desto lebhafter hervortritt, je länger dieses Blättern fortgesetzt wird, indem das Auge immer mehr gegen das Grün abgespannt wird, in Folge dessen die rothen Strahlen des Weiß einen desto lebhaftern Eindruck auf das Auge machen. Nicht selten läßt sich dasselbe Phänomen in der Atmosphäre bemerken. Wenn bei niedrigem Stande der Sonne einzelne rothe Wolken am Himmel stehen und der reine Himmel zwischen denselben ziemlich weißlich ist, so wird dieser weißliche Himmel bei aufmerksamer Betrachtung binnen kurzer Zeit lebhaft grün: eine subjective Färbung, welche besonders im Herbst häufig bemerkt wird und von welcher man fast an jedem Abend Spuren wahrnimmt.

Absorption in durchsichtigen Körpern.

Wenn das Licht durch durchsichtige Körper, wie Wasser, Glas u. s. w. geht, so ist es zwar noch ziemlich stark, genaue Messungen zeigen indessen, daß ein Theil bei diesem Durchgange verloren geht, d. h. absorbiert wird. Die Menge der auf diese Art verschwindenden Strahlen hängt zugleich von der Beschaffenheit des Körpers und seiner Dicke ab. Wir kennen keinen einzigen Körper, welcher vollkommen durchsichtig ist, und eben so lassen alle Körper, wenn sie hinreichend dünn sind, etwas Licht durch sich, wie z. B. dünnes Blattaold. Je größer die Dicke des Körpers ist, desto mehr Theilchen findet der Lichtstrahl, welche ihm den Durchgang erschweren. Erfahrung und Theorie zeigen ein höchst einfaches Gesetz, welches die Abhängigkeit dieser Lichtschwächung von der verschiedenen Dicke desselben Körpers ergibt. Denken wir uns den Körper in eine beliebige Anzahl gleich dicker Schichten getheilt, und haben wir durch die Versuche gefunden, der wievielte Theil des Lichtes in einer Schicht verloren geht, so ist der Verlust in jeder Schicht der eben so vielte Theil des ankommenden Lichtes. Gesezt, man habe durch Versuche gefunden, daß von 100 Lichtstrahlen, welche auf eine Glasplatte von 1 Linie Dicke fallen, 10, also $\frac{1}{10}$ der ankommenden Menge verloren gehen, so daß nur 90 aus dem Glase hervortreten, so vermögen wir darnach den Verlust für eine 4 Linien dicke Platte von demselben Glase zu bestimmen, indem wir dieselbe in 4 Schichten von einer Linie Dicke getheilt denken. In der ersten Schicht geht $\frac{1}{10}$ verloren, also kommen zur zweiten nur $100 - 10 = 90$ Strahlen; von diesen geht in der zweiten Schicht wieder $\frac{1}{10}$, also 9 verloren, es kommen also zur dritten Schicht nur $90 - 9 = 81$ Strahlen; von diesen verschwindet $\frac{1}{10}$, also treten in die vierte Schicht nur $81 - 8,1 = 72,9$ Strahlen, und da von diesen wieder $\frac{1}{10}$ verloren geht, so treten aus der vierten Schicht nur $72,9 - 7,3 = 65,6$ Strahlen hervor, und das Licht ist also bei seinem Durchgange durch die vier Linien dicke Platte in dem Verhältnisse von $100 : 65,6$ geschwächt worden. Diese Rechnung zeigt übrigens, daß selbst der durchsichtigste Körper bei hinreichender Dicke im Stande ist, das

ankommende Licht so zu schwächen, daß es auf das Auge kaum noch einen Eindruck zu machen im Stande ist.

Das Licht, welches auf diese Weise nicht mehr aus dem Körper hervortritt, wird theils von dem Körper im eigentlichen Sinne absorbiert, es dient besonders bei dem Sonnenlichte dazu, den Körper zu erwärmen, theils wird es aber reflectirt, und indem so nach allen Seiten Strahlen gehen, wird uns der Körper und sein Inneres sichtbar.

Je nach der Beschaffenheit der Körper ist hier eine große Mannigfaltigkeit der Erscheinungen möglich, und daraus müssen wir uns zum Theil die große Verschiedenheit in den Farben derselben erklären. Welche Materie wir auch nehmen mögen, stets geht ein Theil der Strahlen verloren, desto weniger, je durchsichtiger sie ist; aber es giebt wohl kaum einen einzigen Körper, welcher auf alle Strahlen des weißen Lichtes mit gleicher Stärke einwirkt, einige gehen in größerer Menge verloren als die übrigen, und der Lichtstrahl tritt daher gefärbt hervor. Bei manchen Körpern gehen einige Strahlen ganz verloren und die übrigen gehen theils hindurch, theils werden sie reflectirt, ein solcher Körper erscheint dann im einfallenden und reflectirten Lichte mit derselben Farbe. Dahin gehört z. B. das durch Kobalt blau gefärbte Glas. Andere Körper dagegen reflectiren einige Strahlen und lassen die übrigen durch sich hindurch, sie erscheinen dann im reflectirten und durchgegangenen Lichte mit Farben, welche durch ihre Vereinigung im Spectrum nahe weiß geben würden. So erscheinen manche sogenannte Milchgläser im reflectirten Lichte blau, aber ein weißes Licht durch sie gesehen erscheint röthlich oder gelblich; noch andere Körper verschlucken einige Strahlen ganz, andere werden reflectirt und noch andere gehen hindurch. So erscheint Gold im reflectirten Lichte gelb, aber ein weißer Gegenstand durch ein dünnes Goldblättchen betrachtet, erscheint grün, es werden daher vorzugsweise die gelben Strahlen reflectirt, die grünen Strahlen durchgelassen und alle übrigen werden absorbiert.

Durchsichtigkeit der Atmosphäre.

Die atmosphärische Luft gehört zu den durchsichtigsten Körpern, welche wir kennen; wofern es heiter ist und keine Nebel

oder ähnliche Körper sich in der Atmosphäre vorfinden, können wir Gegenstände sehr weit sehen, hohe Berge verschwinden erst dann, wenn sie unter unsern Horizont treten. Aber ungeachtet der geringen Schwächung, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange durch die Luft erleiden, ist letztere kein vollkommen durchsichtiger Körper. Wäre dieses nämlich der Fall, so müßte das scheinbare Himmelsgewölbe ganz dunkel seyn, und die Sonne, so wie während der Nacht der Mond, müßten als helle Scheiben erscheinen; es müßte allenthalben, wohin die Sonne nicht scheint und wohin kein Licht von erleuchteten terrestrischen Gegenständen reflectirt werden kann, vollkommene Dunkelheit herrschen und mit dem Untergange der Sonne völlige Finsterniß eintreten. Da alles dieses nicht geschieht, so müssen wir nothwendig annehmen, daß die Theilchen der atmosphärischen Luft einen Theil des auffallenden Lichtes verschlucken, einen andern reflectiren und dadurch nicht bloß die Erleuchtung des scheinbaren Himmelsgewölbes, sondern auch der nicht direct von der Sonne beschienenen Stellen verursachen und den allmählichen Uebergang vom hellen Tageslichte zu der Finsterniß der Nacht bedingen.

Von der Schwächung des Lichtes bei seinem Durchgange durch die Luft kann man sich auf manche Weise überzeugen und Erfahrungen des gemeinen Lebens zeigen sie sehr häufig an. Man darf nur wenige Tage hinter einander einen Gegenstand am Horizonte betrachten, um zu bemerken, wie derselbe bald mit großer Klarheit erscheint, bald aber kaum zu bemerken ist. Kleine Gegenstände verschwinden, wenn wir uns von ihnen entfernen; zwar geschieht dieses zum Theil deshalb, weil ihre scheinbare Größe mit der Entfernung kleiner wird, daß aber dieses nicht allein die Ursache ist, geht daraus hervor, daß die Entfernung des Verschwindens bald größer bald kleiner ist; auch kann man sich durch directe Messungen davon überzeugen und die Durchsichtigkeit der Luft durch Zahlen ausdrücken, wie dieses namentlich *Saussure* vermittelt seines *Diaphanometers* gethan hat. Man denke sich mehrere weiße Flächen, welche so neben einander aufgestellt sind, daß sie auf dieselbe Weise von den Strahlen der Sonne getroffen werden; auf jede von ihnen werde ein schwarzer Kreis gemahlt, von denen der eine einen kleinen, der andere einen großen Durchmesser haben möge (*Saussure* nimmt bei

dem einen 2 Zoll, beim zweiten 2 Fuß Durchmesser); man entferne sich nun so weit, daß der kleine Kreis eben unsichtbar wird, und bestimme diese Distanz; wäre die Luft nun vollkommen durchsichtig, so müßte der größere Kreis in einer Entfernung unsichtbar werden, welche in demselben Verhältnisse größer ist, als sein Durchmesser größer ist, als der des kleinen Kreises, die Erfahrung giebt aber stets eine kleinere Größe. So verhielten sich in einem Versuche von *Saussure* die Durchmesser der Kreise wie 1 : 12, die Entfernungen, wo sie unsichtbar wurden, aber wie 1 : 11,427, eine Verschiedenheit, welche ihren Grund in der Schwächung des Lichtes in der Atmosphäre hat.

Es bedarf wohl kaum einer Erwähnung, daß die verschiedenen Gegenstände in Betreff ihrer Gestalt und Beleuchtung durchaus übereinstimmen müssen, wosern sie dazu dienen sollen, die Durchsichtigkeit der Luft aus diesen Messungen abzuleiten. Denn die Entfernung, bei welcher verschiedene Gegenstände verschwinden, hängt außer dem Gesichtswinkel vorzugsweise von ihrer Helligkeit ab und dem Contraste, welchen diese mit der Beleuchtung der umgebenden Körper bildet. Daher erscheinen uns die Sterne auf dem dunkeln Himmelsgewölbe ungeachtet der Kleinheit ihres scheinbaren Durchmessers so deutlich. Ähnliche Thatsachen können wir bei terrestrischen Gegenständen bemerken. Nur mit Mühe vermögen wir es, einen entfernten Menschen zu unterscheiden, wenn sich in seinem Hintergrunde Felder oder dunkle Flächen befinden, dagegen erscheint er sehr deutlich, wosern er auf einer Höhe steht, so daß sich in seinem Hintergrunde heller Himmel befindet. Hierin müssen wir den Grund von manchen Täuschungen in Gebirgsgegenden suchen. Während an schönen Tagen z. B. die Alpenkette mit allen ihren Umrissen in großer Klarheit aus bedeutender Ferne sichtbar ist, läßt sich von der Höhe aus kaum ein Gegenstand in der Tiefe erkennen, worüber fast alle Reisende Erfahrungen mitgetheilt haben. Schon in mittleren Höhen kann man dieses deutlich beobachten. Als ich im August und September 1832 bei schönem Wetter auf dem Faulhorne wohnte, sah ich mit großer Schärfe die südlich liegende Bergkette, dagegen war nach der Tiefe hin wenig zu erkennen; alles was jenseits des Brienzer Sees lag, war wie mit einem Schleier bedeckt; nur die Spitzen des Pilatus und selbst in

großer Ferne die Höhen des Schwarzwaldes und der Vogesen waren sichtbar, dagegen von den Punkten in der Ebene zwischen Jura und Alpen nichts zu erkennen; nur mit Mühe sah ich einige Male bei sehr durchsichtiger Luft durch ein Fernrohr Bern, und doch konnte man von hier aus mit großer Deutlichkeit das Faulhorn unterscheiden. Während nämlich die dunkleren unsichtbaren Berge einen großen Gegensatz gegen den hellen Himmelsraum bilden und dadurch sehr klar erscheinen, haben fast alle Gegenstände in der Ebene eine dunkle, wenig verschiedene und meistens grüne Farbe, es fehlt daher der Gegensatz der Beleuchtung, und so hebt sich bei einiger Entfernung der einzelne Körper nicht mehr deutlich aus der Gesamtmasse hervor.

Indessen nicht bloß die von terrestrischen Gegenständen kommenden Strahlen erleiden bei ihrem Durchgange durch die Luft eine so bedeutende Schwächung, sondern eben dieses gilt von den Strahlen der Sonne und der übrigen Himmelskörper, wovon man sich schon durch gewöhnliche Erfahrungen ohne Instrumente überzeugen kann. Da die Atmosphäre nämlich mit der Erde parallel ist und ihre obersten Theilchen in einer Höhe liegen, welche in Vergleich mit der Größe der Erde unbedeutend ist, so können wir ohne große Fehler annehmen, der uns sichtbare Theil der Atmosphäre sey von einer Ebene begränzt, welche mit unserem Horizonte parallel ist. Stände nun die Sonne in unserm Scheitelpunkte, so durchliefen ihre Strahlen den kleinsten Weg, welchen sie in der Atmosphäre machen können, wenn sie bis zu uns gelangen; je tiefer die Sonne steigt, desto größer wird dieser Weg, desto mehr werden also die zu uns kommenden Strahlen geschwächt. Die Erfahrung bestätigt dieses vollkommen. Denn während das Licht der Sonne zur Mittagszeit oder des hoch im Meridiane stehenden Mondes ungemein blendend ist, vermögen wir ohne große Beschwerde beide Himmelskörper bei ihrem Untergange anzusehen. Aus demselben Grunde sind bei heiterm Wetter die Gegenden am Horizonte so arm an Sternen, diese erscheinen erst wenn jene Himmelsgegenden höher steigen, weil nun viele Sterne sichtbar werden, deren Strahlen auf dem großen Wege, welche sie durch die unteren Schichten der Atmosphäre bis zu unserm Auge zurücklegten, so geschwächt wurden, daß sie auf unsere Sehnerven keinen Eindruck mehr machten.

Könnten wir die Stärke des Sonnenlichtes in verschiedenen Höhen angeben, dann vermöchten wir daraus die Absorption anzugeben. Aber die Methoden diese Messungen vorzunehmen sind noch mit mancher Unsicherheit verbunden, und die Messungen, welche zur Herleitung des Resultates nöthig sind, so beschaffen, daß ich sie hier übergehe. Ausführlicher habe ich davon in meinem Lehrbuche der Meteorologie gehandelt. Das zweckmäßigste Verfahren scheint mir noch stets das mittelst des früher erwähnten Heliothermometers oder Actinometers zu seyn. Wie bedeutend aber diese Schwächung ist, geht daraus hervor, daß, wenn selbst an den heitersten Tagen die Sonne im Scheitelpunkte stände, in die Ebenen von Deutschland doch nur etwa $\frac{1}{3}$ derjenigen Strahlen kommen würde, welche auf die obere Gränze der Atmosphäre fallen; alles übrige wird theils verschluckt, theils von der Luft und Dampfteilchen reflectirt. Wie aber diese Größe bei verschiedenen Zuständen der Witterung und in verschiedenen Klimaten beschaffen sey, ist bis jetzt noch nicht durch Messungen ausgemittelt.

Blaue Farbe der Luft.

Wird aber gleich von allem ankommenden Lichte ein Theil absorbiert oder reflectirt und namentlich durch letzteres die Helligkeit des scheinbaren Himmelsgewölbes hervorgebracht, so wirkt doch die Luft nicht auf alle Strahlen mit derselben Intensität ein. Sie verhält sich genau wie ein blaues Milchglas, sie läßt mehr die Strahlen auf der rothen Seite des Spectrums hindurch und reflectirt daher die blauen, jedoch ist diese Verschiedenheit erst dann wahrzunehmen, wenn das Licht durch größere Luftmassen gegangen ist. Aus diesem Grunde erscheint uns der Himmel blau. Daß diese blaue Farbe wirklich von reflectirtem Lichte herrühre und daß die Lufttheilchen selbst nicht etwa eine eigenthümliche blaue Farbe besitzen, geht besonders aus einer von Saussure erwähnten Thatsache hervor. Wäre nämlich die Luft selbst blau, so müßten entfernte Schneeberge auch blau erscheinen, was aber bei heiterm Wetter nie der Fall ist. Auch wird diese stärkere Reflexion des blauen Lichtes durch einen Versuch von Fraunhofer erwiesen. Je größer nämlich der Weg ist, welchen ein weißer Lichtstrahl durch die Atmosphäre zurücklegt, desto mehr

blaue Strahlen müssen nach dieser Ansicht verschwinden und das Weiß muß also röthlich werden. Da dieser Weg bei niedrigem Stande der Sonne weit größer ist, als bei hohem, so erscheint uns die Sonne bei ihrem Untergange gelblich oder röthlich, zuweilen dunkel blutroth. Dieses Vorkommen der rothen und dieser Mangel der blauen Strahlen bei tiefem Stande der Sonne wird durch den angedeuteten Versuch von Hassenfranz bestätigt. Er ließ nämlich bei verschiedener Höhe der Sonne ihr Licht durch eine Oeffnung gehen und auf ein Prisma fallen, und maß dann die Breite des Spectrums in einiger Entfernung. Waren nun Oeffnung, Prisma, Einfallswinkel und Abstand des Spectrums stets dieselben, so hätte man auch einerlei Breite und Beschaffenheit des Spectrums erwarten sollen. Dieses war aber nicht der Fall. Betrug die Breite um Mittag in den längsten Sommertagen 185 Theile, so war sie beim Sonnenuntergange im Winter nur 70 Theile, und dabei fehlten die Strahlen auf der blauen Seite so sehr, daß das Farbenbild aus Roth, Orange und Grün bestand: ein Beweis, daß alle blauen Strahlen verloren gegangen waren. Eben diesen Mangel der blauen Strahlen bemerkt man auch häufig bei Regenbögen, welche kurz vor dem Untergange der Sonne erscheinen.

Um die Beschaffenheit dieser blauen Farbe zu bestimmen, hat Saussure das Cyanometer construirt. Man denke sich ein möglichst weißes Papier in verschiedenen Feldern mit Berliner Blau bemalt, indem man das Blau des ersten Feldes so blaß als möglich nimmt, das des zweiten etwas dunkler malt, und indem man auf diese Weise fortfährt, den dunkleren Feldern nach und nach etwas Schwarz zusetzt, bis man endlich ein intensives Schwarz erhält. Wird das Blau an irgend einer Stelle des Himmels mit einem dieser Felder identisch gefunden, so kann man seine Beschaffenheit durch die diesem Felde entsprechende Zahl ausdrücken, und alles reducirt sich also nur noch darauf, diese Zahl, also die Scale des Instrumentes, mit Schärfe zu bestimmen. Um diesen Zweck zu erreichen, stützt sich Saussure auf die Thatfache, daß die Unterschiede von zwei nahe verwandten Farben immer mehr verschwinden, je weiter wir uns von ihnen entfernen, so daß letztere in einer gewissen Distanz endlich übereinstimmen. Saussure nimmt deshalb zwei Miancen von Blau,

welche wenig verschieden sind, hängt damit bemalte Blätter neben einander und entfernt sich nun so weit von ihnen, daß ein daneben hängender schwarzer Kreis von $1\frac{1}{2}$ Linien Durchmesser auf weißem Grunde verschwindet. Verschwindet der Unterschied beider Farben in einer größern oder geringern Entfernung, so muß man die eine von ihnen mit einer andern vertauschen, so lange bis man die passende Miancirung erhält. Auf diese Art erhielt Saussure zwischen Weiß und Schwarz 51 Miancen, also in Allem 53 Grade, wobei das Weiß mit 0 bezeichnet wird, und durch anderweitige Versuche überzeugte er sich, daß diese Grade genau bestimmten Mischungen von Weiß und Dunkelblau entsprächen.

Es sind noch verschiedene andere Vorrichtungen dieser Art vorgeschlagen worden, aber alle dienen nur zum Messen des Blau. Da jedoch in der Atmosphäre häufig noch andere Farben vorkommen, wie Gelb, Roth, Graublau u. s. w., so müßte man für alle diese Farben ähnliche Instrumente verfertigen. Ich glaube, daß folgende Vorrichtung dazu dienen kann, nicht bloß bei diesen, sondern auch bei vielen anderen Vergleichen die Beschaffenheit einer Farbe anzugeben, ich muß jedoch die Prüfung dieser Ideen überlassen, welche sich in einer Lage befinden, die ihnen die Construction kostspieliger Instrumente gestattet, eine Bedingung, welche bei mir nicht Statt findet. Die Farbe der farbigen Körper entsteht dadurch, daß einige Strahlen, die in weißem Lichte vorhanden sind, fehlen; kennen wir also die Menge der verschiedenen einfachen Strahlen (wenigstens der am meisten auffallenden) in reinem Weiß und in dem von einem andern Körper kommenden Lichte, so vermögen wir auch die Farbe des letztern mit großer Bestimmtheit anzugeben. Um, worauf es bei der ganzen Untersuchung ankommt, die Menge der einfachen Strahlen zu bestimmen, nehme man ein möglichst vollkommenes Prisma von einem reinen Flintglase und befestige dieses am Ende einer Röhre von einem Fuß oder mehr Länge; durch eine schmale Spalte am andern Ende dieser Röhre fällt das Licht von dem zu prüfenden Körper auf das Prisma und wird hier zerlegt; um aber die einzelnen Farben mit größerer Schärfe zu sehen, fallen sie nach ihrem Austritte aus dem Prisma auf das achromatische Objectiv eines astronomischen Fernrohrs. Die Breite des ganz

zen Spectrums und der einzelnen Farben in demselben wird dann durch eine Mikrometerschraube gemessen. Auf diese Weise wird man nicht bloß alle Farbensnancien am Himmel mit großer Schärfe angeben können, sondern, wenn man den Versuch bei verschiedener Höhe der Sonne mit dem Lichte von dieser macht, dürfte man dadurch in den Stand gesetzt werden, den Streit über die relative Menge der einzelnen einfachen Strahlen in ihrem Lichte zu entscheiden.

Schon die bloße Betrachtung des Himmels zeigt uns ohne Anwendung von Instrumenten, daß seine Farbe nicht an allen Punkten eines Verticalkreises gleich sey; er ist im Allgemeinen im Zenith am dunkelsten und wird gegen den Horizont heller, so daß er hier oft fast völlig weiß erscheint. Noch mehr aber tritt diese Verschiedenheit hervor, wenn man die Nüancirung des Himmels durch das Spectrometer bestimmt. So fand Saussure bei einer Messung, daß die Farbe in der Nähe des Zenithes mit 25° , in der Nähe des Horizontes mit 4° übereinstimmte, und völlig ähnliche Resultate geben auch die Beobachtungen Humboldt's. Aber die Farbe derselben Stelle des Himmels ändert sich auch ziemlich regelmäßig während des Tages, indem sie vom Morgen bis zum Mittage dunkler, darauf aber wieder heller wird.

Erheben wir uns von der Tiefe zu den höheren Regionen, so wird der Himmel immer dunkler. Den Gensienjägern und Hirten in den Alpen war diese Thatsache seit langer Zeit bekannt, jedoch machte zuerst de Luc die Physiker darauf aufmerksam. Die Erfahrungen von Humboldt in den Cordilleren so wie die von Saussure in den Alpen haben dieses bestätigt. Am dunkelsten ist in unseren Gegenden der Himmel, wenn nach mehr tägigem Regen die Wolkendecke bei eintretendem Ostwinde zerreißt und der reine Himmel wieder zum Vorschein kommt. In der heißen Zone ist der Himmel nach den Erfahrungen von Humboldt dunkler, als in höheren Breiten, auf dem Meere aber blässer als im Innern der Länder.

Die Farbe, welche der Himmel besitzt, wird vorzüglich durch drei Umstände bestimmt, das Blau nämlich, welches von den Lufttheilchen reflectirt wird, das dunkle Himmelsgewölbe, welches den Hintergrund der Luft bildet, und endlich die weiße

Farbe der Nebelbläschen oder Schneetheilchen, welche in der Atmosphäre schweben. Indem nämlich die blauen Strahlen zum Auge gelangen, wird ihre Schattirung durch das dunkle Himmelsgewölbe verstärkt; andererseits dagegen suchen die Nebelbläschen dem Himmel eine weiße Farbe zu geben. Erheben wir uns bis zu bedeutender Höhe in der Atmosphäre, so lassen wir einen großen Theil dieser Dunstbläschen unter uns; indem also einerseits die weißen Strahlen in geringerer Menge zum Auge gelangen, andererseits aber der dunkle Himmel durch eine geringere Zahl von Licht reflectirenden Theilchen verdeckt wird, nimmt das Blau des Himmels zu. Aus demselben Grunde ist auch das Blau in der Nähe des Horizontes heller als im Zenith; die Nebelbläschen sind ebenfalls Ursache, daß der Himmel über dem Meere und in höheren Breiten weißer erscheint, als über dem Lande und in der Nähe des Aequators.

D ä m m e r u n g.

Wenn sich an heiteren Tagen die Sonne dem Horizonte nähert, so wird das Licht der scheinbar neben der Sonne liegenden Theile der Atmosphäre gelber oder röthlicher; die von diesen Lufttheilchen reflectirten Strahlen, welche einen weiten Weg durch die Atmosphäre zurücklegen müssen, um bis zu unserm Auge zu gelangen, verlieren mit der Zunahme des Weges einen größern Theil der blauen Farbe, und so gelangen zu uns nur vorzugsweise die rothen Strahlen. Dabei wird zugleich der Himmel in der Nähe des Zenithes weißer, die Helligkeit nimmt von diesem bis zum westlichen Horizonte auffallend zu. Allmählig zeigt sich an dem der Sonne gegenüber liegenden östlichen Himmel eine auffallende Röthung, welche ihr Maximum erreicht, so wie die Sonne unter den Horizont sinkt. Es rührt diese Röthung von den letzten Strahlen der untergehenden Sonne her, die nach jener Himmelsgegend nur noch größtentheils rothe Strahlen schicken kann, welche nach ihrer Reflexion bei ihrem zweiten Durchgange durch die Atmosphäre bis zum Beobachter noch mehr blaue Strahlen verlieren. Je nach der Beschaffenheit der Atmosphäre schwankt diese Farbe am östlichen Horizonte zwischen lebhaftem Feuerroth oder tiefem Purpurroth; eben so kann die Farbe am westlichen Himmel, die Abendröthe, zwischen einem schönen

Goldgelb und einem tiefen Roth schwanken, doch ist diese Röthung nie so dunkel als die am östlichen Himmel.

Sinkt die Sonne etwas unter den Horizont, so bemerkt man am östlichen Himmel ein mehr oder weniger deutliches Segment von tief blauer Farbe, über welchem die vorher erwähnte Röthung noch fortdauert. Die Gränze zwischen dem blauen Segment und diesem rothen Gürtel ist meistens ziemlich scharf angegeben; wenn die Umstände günstig sind, so kann man zwischen beiden einen weißen oder gelben Rand unterscheiden, aber die Schwäche und Ungleichheit der Farbe macht ihn oft unmerklich. *Mairan*, welcher zuerst auf dieses blaue Segment aufmerksam machte, nannte es *Nachdämmerung* oder *Gegendämmerung*; sein höchster Punkt steht der Sonne gegenüber, und eine genaue Betrachtung zeigt, daß er von dem auf die Atmosphäre geworfenen Schatten der Erde herrührt; dieser nicht mehr von der Sonne beschienene Theil der Atmosphäre wird von dem zerstreuten Licht erleuchtet, und da dieses vorzugsweise blau ist, so erscheint auch die von ihm beleuchtete Gegend mit dieser Farbe. So lange die obere Gränze des Erdschattens nur noch eine geringe Höhe hat, ist die rothe Färbung am östlichen und westlichen Himmel nach oben verwaschen; bei einer reinen, wenig Nebelbläschen enthaltenden Luft ist das Zenith dann noch blau; hatte aber die Luft am Tage eine weißliche Farbe, so erscheint oft der ganze Himmel mehr oder weniger purpurfarben, weil wir nun im Zenith außer den blauen von der Luft reflectirten Strahlen auch die rothen von den tiefer liegenden Dampfbläschen erhalten. Allmählig rückt die Gränze des Erdschattens durch das Zenith, der Himmel erscheint hier blau, die Röthung am westlichen Himmel wird dabei dunkler und einzelne helle Sterne werden sichtbar. Zuweilen geschieht es, daß sich an dem dunkeln östlichen Himmel noch auf kurze Zeit eine schwache Röthung zeigt. So wie die Sonne tiefer sinkt, wird auch das rothe Segment am westlichen Himmel mehr oder weniger scharf begränzt, über ihm erscheint ein weißer, bogenförmig begränkter Raum, welchen man nach *Brandes* den *Dämmerungsschein* nennen kann. So wie die Sonne tiefer sinkt, nimmt die Helligkeit ab, und endlich werden die meisten Sterne sichtbar. Den Moment, wo die Sterne sechster Größe sichtbar werden, wollen wir als

das Ende der Dämmerung ansehen. Man bezeichnet diese Dauer der Dämmerung zuweilen mit dem Namen der astronomischen, um sie von der bürgerlichen Dämmerung zu unterscheiden, welche dann ein Ende erreicht, wenn die meisten Arbeiten im Freien beendet seyn müssen.

Da die Dämmerung und die Abendröthe ihren Grund darin haben, daß die von der Sonne kommenden Strahlen noch die höheren Schichten der Atmosphäre treffen und von diesen reflectirt werden, wenn sie bereits unter dem Horizonte verschwunden ist, wobei diese reflectirten Strahlen nochmals reflectirt werden und so Helligkeit nach den weiter östlich gelegenen Gegenden bringen, so ist begreiflich, daß dabei eine eigene Relation zwischen Tiefe der Sonne, Beschaffenheit der Atmosphäre und Helligkeit vorhanden seyn müsse. Auch haben die Astronomen sich vielfach bemüht, diese Relation anzugeben und die Länge der Dämmerung in verschiedenen Gegenden und Jahreszeiten zu bestimmen; dabei aber behielten sie stets den mathematischen Theil der Aufgabe vor Augen, ohne sich um den physikalischen zu bekümmern. Alle suchten den Moment auf, wo die Sonne eine Tiefe von etwa $18''$ hatte, sie vergaßen aber dabei ganz die Frage, ob denn diese Tiefe allenthalben auf der Erde dem Ende der Dämmerung entspräche. Diese Frage aber muß nach meiner Ansicht mit Nein beantwortet werden, und ich glaube, daß wir in Bestimmung der Dämmerung in verschiedenen Breiten und Jahreszeiten noch um keinen Schritt weiter sind, als zu der Zeit, wo der Portugiese *Nonius* von dem Cardinal *Heinrich* zu dieser Untersuchung aufgefordert wurde.

Unter dem Ende der Dämmerung nämlich verstehen wir den Moment, wo die Dunkelheit der Nacht eine bestimmte Größe erlangt; ältere Astronomen haben in dieser Hinsicht die Regel gegeben, daß Sterne sechster Größe in der Nähe des Zenithes erscheinen müßten. Der Moment, wo letzteres geschieht, wird aber von zwei Ursachen bedingt, von der Schwächung der vom Sterne kommenden Strahlen und von der Menge des in der Atmosphäre durch vielfache Reflexionen zerstreuten Sonnenlichtes, welches bei einer gewissen Stärke verhindert, daß das von einem kleinen Punkte kommende Licht einen hinreichenden Eindruck auf das Auge macht. Beide Umstände selbst aber hängen innig zu-

sammen. Je größer nämlich die Zahl der niedergeschlagenen Dämpfe ist, je matter also der Himmel bei Tage erscheint, desto mehr wird das durch die Luft gehende Licht geschwächt, desto größer ist auch die Menge der reflectirten Strahlen und die Dämmerung dauert daher länger. Im Innern Africa's, wo die Luft so rein und durchsichtig ist, daß Bruce in Sennar die Venus bei Tage sah, folgt nach den Bemerkungen aller Reisenden die Nacht kurze Zeit nach dem Untergange der Sonne. Schon jenseits der Alpen tritt das Ende der Dämmerung sehr schnell ein, so ist es z. B. in Dalmatien eine halbe Stunde nach dem Untergange der Sonne vollkommene Nacht. Noch kürzer ist sie zwischen den Wendekreisen; so dauert sie nach Acosta in Chili während der trockenen Jahreszeit nur eine Viertelsunde, in Cumana nach Humboldt nur einige Minuten, und eben dieses ist an der Westküste Africa's der Fall. Dies sind freilich Resultaten der allgemein angenommenen Rechnung abweichen, da nach dieser die Dämmerung wenigstens mehr als eine Stunde dauert. Wir müssen daher nothwendig annehmen, daß in jenen tropischen Gegenden die Tiefe der Sonne am Ende der Dämmerung kleiner sey als in höheren Breiten, ja es scheint als ob sie hier wegen der großen Menge von Nebelbläschen und feinen Schneekristallen, welche das Licht vielfach reflectiren, vielleicht bis zu 30° sinken könne, ehe es völlig finster wird, wie die langen Dämmerungen in Grönland und in anderen Polargegenden beweisen. Es folgt aus dieser Betrachtung ferner, daß die Dauer der Dämmerung sogar an demselben Orte ungleich ist, im Sommer, wo die Nebelbläschen wahrscheinlich höher steigen als im Winter, ist die Tiefe der Sonne nach den Erfahrungen von Riccioli bedeutender als im Winter, am Morgen kleiner als am Abend, wahrscheinlich weil sich während der Nacht ein Theil der Dämpfe in die Tiefe gesenkt hat.

Wenn die niedergeschlagenen Dämpfe eine sehr bedeutende Höhe haben, während die unteren Luftschichten sehr durchsichtig sind, so kann die Dämmerung ungewöhnlich lange dauern. Besonders zeichnete sich in dieser Hinsicht der Sommer des Jahres 1831 aus. Es zeigten sich ungewöhnlich lange Abendröthen von Madrid bis Odessa, und die Zeitungen waren damals mit Nach-

richten aus allen Gegenden Europa's erfüllt. Besonders war dieses am 24. 25. und 26. September der Fall. Am 25. schien gleich nach dem Sonnenuntergange die Sonne nichts Ungewöhnliches zu haben, aber etwas später ging die Farbe des Himmels in ein dunkles Orange über. Das Licht der Abendröthe nahm ungewöhnlich langsam ab und ging dabei mehr in Roth über. Der nun allmählig immer mehr auf einen kleinen Raum beschränkte, erhellte Theil des Himmels lag genau in der Gegend, wo die Sonne unter dem Horizonte stehen mußte, und war selbst noch kurz vor 8 Uhr sichtbar, wobei die Tiefe der Sonne etwa $19\frac{1}{2}^\circ$ betrug. An den folgenden Abenden war es eben so, und am Morgen haben Personen, die eine freie Aussicht nach Osten genießen, auch die Morgenröthe ungewöhnlich gefunden. Nees v. Esenbeck, welcher das Phänomen auf der Hampelbaude beobachtete, sagt, am 24. sey dort die Röthe sehr unbedeutend und mehr einer starken durch Dunst gerötheten Abendröthe ähnlich gewesen. Am 25., unmittelbar nach dem Untergange der Sonne, überzog sich der Himmel mit einer tiefen, wie durch Dünste umschleierten, Röthe, die den ganzen Horizont umgab und die über dem Scheitel in röthlichen Streifen sich zu verlieren schien. In diesem Augenblicke erhob sich schnell ein heftiger Sturm aus SW, der die ganze Nacht hindurch, aber allmählig abnehmend, anhielt, während die Röthe gegen 9 Uhr verschwand.

So viel Aufsehen dieses Phänomen auch zur Zeit seines Erscheinens machte, so müssen wir es nach meiner Ansicht aus ungewöhnlich hoch schwebenden niedergeschlagenen Dämpfen ableiten. Das Barometer war seit dem 24. in Halle im Sinken begriffen und der Himmel nicht sehr dunkelblau, obgleich es sonst heiter war, die Sonne schien an einigen Orten matt wie der Mond. Diese Witterungsdisposition, ähnlich derjenigen, welche Gewittern vorausgeht und wobei die feinen Cirri sehr hoch schweben, scheint sich über einen großen Theil von Europa erstreckt zu haben; nicht nur ist in mehreren deutschen Berichten über diese lange Dauer der Abendröthe von Stürmen und Gewittern die Rede, sondern eben dieses war auch im südlichen Europa der Fall, wie namentlich ein heftiger Orkan bei Messina am 27. bezeugt. Ueberhaupt zeichnete sich der ganze Sommer des Jahres

1851 durch heftige Gewitter und in Westindien durch Orcone aus. Am 3. August und in den folgenden Tagen war die Helligkeit der Dämmerung ausgezeichnet in Odessa, Deutschland, Rom und Genua, aber gleichzeitig waren sehr heftige Gewitter in vielen Gegenden, so in Navarra und Aragonien, zu San Giorgio im Capareffischen, in Schlesien, in der Schweiz und in Tyrol war der mit einem Gewitter verbundene Föhn so heftig, daß eine starke Ueberschwemmung folgte, und selbst in dem Antillenmeere waren heftige Aufregungen der Atmosphäre, so am 11ten auf Barbados, und am 14ten auf Jamaica, Haïti und St. Vincent heftige Orcone, die jedenfalls mit den heftigen Nordstürmen in Verbindung stehen, die am 16ten und 17ten auf Cuba und in Louisiana fürchterliche Verwüstungen anrichteten.

Morgen- und Abendröthe.

Ich habe schon erwähnt, daß die Beschaffenheit der Morgen- und Abendröthe von dem Ansehen des Himmels während des Tages abhängt. Ist die Luft mit vielen zerstreuten Nebelbläschen angefüllt und hatte der Himmel am Tage ein weißliches Ansehen, so erscheint das Roth mehr oder weniger matt und häufig mit grauen Streifen vermischt, zuweilen von satter carmoisinrother Farbe, dann ist schon am Tage der Theil des Himmels, welcher unter der Sonne steht, mehr oder weniger geröthet. Gewiß ist es, daß bei einer gewissen Beschaffenheit dieses niedergeschlagenen Dampfes nur vorzugsweise die rothen Strahlen durchgelassen werden. Im Winter ist daher der Himmel in unseren Klimaten oft während des ganzen Tages geröthet, und im Sommer ist dieses bei regnerischem Wetter, wo in der Höhe cirröse Wolken schweben, oft schon mehrere Stunden nach der Culmination der Sonne der Fall. An solchen Tagen dagegen, wo der Himmel tief dunkelblau war, ist die Abendröthe ins Gelbe spielend. Befinden sich in der Atmosphäre leichte Wolken von der Cumulusformation, besonders lockere Cirrocumuli, so sind diese häufig ungemein schön roth gefärbt, dann bemerkt man zwischen diesen Wolken oft eine lebhaft grüne Färbung des reinen Himmels, von welcher bereits früher die Rede war.

Mit dieser rothen Färbung der Wolken steht ein Phänomen im Zusammenhange, welches man in der Schweiz häufig be-

merkt und welches das Glühen der Alpen heißt. Kurze Zeit nach dem Untergange der Sonne nämlich erscheinen die Bergspitzen geröthet, diese Röthung wird dunkler, bis sie plötzlich verschwindet, wenn die Höhen in den Erdschatten treten. Dann zeigen sich die Glätscher mit einer grau-blauen Farbe. Zuweilen geschieht es, daß nach einiger Zeit sich eine zweite Röthung zeigt, die aber nicht so intensiv ist und so lange dauert, als die erste. Dieses Phänomen zeigt sich besonders dann sehr schön, wenn am westlichen Horizonte lockere Cumuli oder Cirrocumuli stehen, dann haben die nackten Felsen ganz das Ansehen rothglühender Eisenmassen. Auch hier kommen von dem reflectirten Lichte vorzugsweise nur die rothen Strahlen ins Auge; das zweite Roth rührt unstreitig davon her, daß die von der Atmosphäre reflectirten rothen Strahlen die Bergspitzen noch zum zweiten Male erleuchten.

Da das Ansehen der Abendröthe von der Beschaffenheit des Himmels abhängt, so folgt daraus, daß man sich derselben mit einiger Sicherheit bedienen könne, um die zunächst folgende Witterung voraus zu sagen. Wenn bei schönem blauen Himmel die Abendröthe den westlichen Himmel mit einem leichten Purpur sanft zu überziehen scheint, so bedeutet dieses ziemlich sicher fortwährend gutes Wetter, besonders dann, wenn der Himmel in der Nähe des Horizontes ein rauchartiges Ansehen hat. Selbst nach Regenwetter deuten einzelne geröthete Wolken, die sehr hell erleuchtet sind, auf die Wiederkehr von besserer Witterung. Eine weißlich gelbe Abendröthe, zumal wenn sie sich weit über den Himmel ausbreitet, pflegt eben kein schönes Wetter zu versprechen. Besonders deutet dieses Ansehen nach einer Regel der Landleute auf stürmisches Wetter, wenn die Sonne in einem so weißen Lichtglanze untergeht, daß man sie selbst in dem hellen Scheine, welcher den ganzen westlichen Himmel überzieht, nur wenig vorglänzend und dabei mehr weiß als gelb sieht. Noch schlimmer ist die Vorbedeutung dann, wenn feine Cirri, welche dem Himmel ein sehr mattes Ansehen geben, am Horizonte dunkler erscheinen und eine röthlich-graue Abendröthe bilden, in welcher abwechselnd glänzende dunkelrothe Stellen in graue übergehen und durch welche man die Sonne kaum bemerken kann. In diesem Falle, wo selbst beim Sonnenuntergange die Zahl der

Nebelbläschen noch sehr groß ist, darf man auf einen baldigen Niederschlag und Wind rechnen.

Etwas verschieden sind die Anzeigen der Morgenröthe. Wenn diese stark geröthet erscheint, so darf man meistens Regenwetter erwarten, während eine graue Morgenröthe mehr auf schönes Wetter deutet. Die Ursache des Gegensatzes, zwischen grauer Morgen- und Abendröthe, scheint darin zu liegen, daß am Abend diese Färbung vorzugsweise von Cirris, am Morgen aber von einem Stratus in der Tiefe herrührt, welcher in kurzer Zeit den Strahlen der aufgehenden Sonne weicht, während jene sich meistens in der Nacht vermehren. Sind dagegen bereits beim Aufgange der Sonne so viel niedergeschlagene Dämpfe vorhanden, daß der Himmel roth erscheint, so wird es wahrscheinlich, daß im Laufe des Tages durch den aufsteigenden Luftstrom eine lebhaftere Wolkenbildung erfolgt.

Höhe der Atmosphäre.

Da der Druck, welchen die Luftschichten erleiden, desto geringer wird, je weiter wir uns von der Oberfläche des Meeres erheben, so nimmt die Dichtigkeit der Luft immer mehr ab, je höher wir steigen. Kennen wir den Stand von Barometer und Thermometer in einer gewissen Höhe, so läßt sich die Dichtigkeit der Luft daselbst mit Leichtigkeit angeben. Eine Frage von Wichtigkeit ist aber, wie weit diese Verdünnung gehe, und ob die Luft bis ins Unendliche ausgedehnt werden könne, oder nicht. Wäre letzteres der Fall, so müßte natürlich die Atmosphäre der Erde dort eine Gränze erreichen, wo die Luft eine so geringe Dichtigkeit hat, daß sie nicht weiter ausgedehnt werden kann; fände aber eine Ausdehnung bis ins Unendliche Statt, dann müßten die Theile unserer Atmosphäre sich durch den ganzen Himmelsraum erstrecken und jeder Planet müßte sich daraus seine eigenthümliche Atmosphäre bilden. Welche dieser Ansichten die richtige sey, läßt sich auf dem Wege der Erfahrung nicht ausmitteln, da wir nicht im Stande sind, die Luft bis zu so hohen Graden auszudehnen und namentlich einer so großen Kälte aussetzen, als an der Gränze der Atmosphäre Statt findet. Es scheint jedoch wahrscheinlicher, daß diese Ausdehnung der Luft eine bestimmte Gränze habe; denn wäre dieses nicht der Fall

und eignete sich jeder Planet von der durch den ganzen Weltraum verbreiteten Materie einen Theil davon an, wie ihn seine Anziehung erfordert, so müßten die Atmosphären, welche auf diese Weise um jeden Planeten gebildet werden, ähnliche Phänomene zeigen, als die uns umgebende Lufthülle, und namentlich müßte nach einer Bemerkung von Wollaston die Strahlenbrechung darin sehr lebhaft seyn. Davon indessen zeigt die Erfahrung keine Bestätigung. Ginge nämlich ein Planet vor einem Fixsterne vorbei und würde das Licht in seiner Atmosphäre gebrochen, so müßte sich bei der Annäherung des Planeten eine Aenderung in der Stellung des Sternes zeigen, was aber die genauesten Beobachtungen nicht zeigen.

Geben wir also der Atmosphäre eine bestimmte Gränze, so bleibt die Frage übrig, wo diese Gränze liege. Sehr häufig sind die Erscheinungen der Dämmerung dazu benutzt worden, diese Aufgabe zu lösen. Man suchte nämlich aus der scheinbaren Höhe des hellen Segmentes und der bekannten Tiefe der Sonne die Höhe der äußersten Lufttheilchen auf, welche im Stande wären, noch Licht zu reflectiren. Gewöhnlich ging man bei dieser Untersuchung davon aus, daß man der Sonne eine Tiefe von 18° unter dem Horizonte gab, und dann ergab sich eine Höhe von 9 oder 10 Meilen. Wenn man indessen genauere Messungen anstellt, indem man von Zeit zu Zeit die Höhe des hellen Bogens mißt und diesen mit der Tiefe der Sonne vergleicht, so findet man sehr bald die Unsicherheit dieser Bestimmungsart, wie dieses besonders von Brandes und Lambert nachgewiesen ist. Ist nämlich die Sonne eben untergegangen, so sieht der Beobachter den Erdschatten in Osten sehr scharf; da nämlich die Linien von seinem Auge nach der Gränze des erleuchteten Raumes noch sehr nahe mit den Lichtstrahlen zusammenfallen, so wird er wenig von fremdartigem Lichte gestört. Wenn der Erdschatten bis zum Zenith steigt, so wird alle Luft über dem Beobachter von dem Lichte erleuchtet, welches die weiter in Westen liegenden Lufttheile nach Osten reflectiren, und es wird schwieriger, die Gränze scharf zu erkennen. Je tiefer die Sonne sinkt und je mehr die Helligkeit auf den westlichen Theil des Himmels eingeschränkt wird, desto mehr nimmt dieses zerstreute Licht zu, und wenn wir daher aus einer Reihe von Messungen die Höhe der Atmosphäre

herleiten wollen, so giebt die folgende einen Werth, welcher größer ist, als der, welchen die vorhergehende gegeben hatte.

Aber eben so wenig können barometrische und thermometrische Messungen in verschiedenen Höhen dazu dienen, unser Problem zu lösen. Hauptsächlich tritt dabei die Schwierigkeit ein, daß wir nicht wissen, nach welchem Gesetze die Wärme sich in bedeutenden Höhen ändert und daß wir nicht die Beschaffenheit der Lufttheilchen bei geringem Drucke und großer Kälte kennen. Alles daher, was über diese Höhe gesagt ist, darf nur als Hypothese angesehen werden; ob diese Gränze in einer Höhe von 3 oder 30 oder 300 Meilen liege, darüber läßt sich nichts Bestimmtes sagen, nur so viel ist gewiß, daß schon in einer Höhe von 2 bis 3 deutschen Meilen die Atmosphäre eine Dichtigkeit hat, welche in Vergleich mit der in der Nähe der Erdoberfläche befindlichen sehr unbedeutend ist.

Wasserziehen der Sonne.

Wenn eine Wolke von einem Theile der Atmosphäre das Licht abhält, so wird dahin ein Schatten geworfen und dieser Theil des Himmels erscheint etwas dunkler. Wenn im Sommer an schönen Tagen einzelne Haufenwolken am Himmel schweben, so lassen sich die Schattenstreifen oft bis zu bedeutender Entfernung verfolgen. Weit häufiger sieht man das umgekehrte Phänomen, das Wasserziehen der Sonne. Wenn nämlich der Himmel zum großen Theile mit Wolken, namentlich Cumulostratitis bedeckt ist, zwischen denen sich einzelne heitere Stellen zeigen, so scheint die Sonne durch diese Wolkenlücken, und die Luft, Nebelbläschen, Staub und andere in der Atmosphäre schwebende Körper erscheinen als mehr oder weniger hell erleuchtete Streifen. Hat die Sonne eine mäßige Höhe, so erscheinen diese Streifen gleichsam als Strahlen, welche von ihr ausgehen; ist sie dagegen dem Untergange nahe, so verbreiten sie sich in Gestalt von großen Kreisen an der Himmelskugel, welche an einem Punkte der Himmelskugel zusammentreffen würden, welcher in der von der Sonne durch unser Auge gezogenen Linie unter dem Horizonte liegt. Diese Streifen aber sind vollkommen parallel und ihre scheinbare Krümmung, so wie der größte Abstand von ihnen in der Nähe des Zenithes sind Folgerungen aus

den einfachen Gesetzen der Perspective. Je weiter sie nämlich von uns entfernt sind, desto kleiner ist wegen der Verminderung des Gesichtswinkels ihr scheinbarer Abstand und desto näher scheinen sie an einander zu rücken. Es ist genau dieselbe Erscheinung, welche uns eine Allee zeigt, deren beide Baumreihen zwar parallel sind, aber doch in der Ferne sich zu vereinigen scheinen.

Gewöhnlich glaubt man, daß das Wasserziehen der Sonne Regen bedeute, eine Meinung, die nicht ganz ohne Grund ist. Es zeigt sich nämlich das Phänomen nur vorzugsweise bei niedrigem Stande der Sonne, dann aber sind an schönen Tagen die Wolken entweder bereits verschwunden, oder sie sind doch ihrer Auflösung nahe; ausgedehnte Massen, zwischen denen sich einzelne Lücken zeigen, sind nicht vorhanden. Nur dann, wenn die Atmosphäre so viel Dämpfe enthält, daß ein großer Theil des Himmels bewölkt ist, sind die Umstände zur Entstehung unseres Phänomens günstig, dann aber kann sich auch leicht Regen niederschlagen. Zwischen den Wendekreisen, wo die Regen meistens zur Zeit der größten Tageswärme erfolgen, während Morgen und Abend heiter sind, scheint das Phänomen seltener zu seyn, als in höheren Breiten.

Strahlenbrechung in der Luft.

Obgleich die Luft nur eine geringe Einwirkung auf das Licht äußert, so zeigen genaue Untersuchungen doch, daß ein Lichtstrahl nur dann ungebrochen zu unserm Auge gelangt, wenn er entweder von einem in unserm Zenith liegenden Punkte kommt, oder wenn er von einem terrestrischen mit uns in einer Höhe befindlichen Gegenstande ausgeht, wofern die ganze Luftmasse, durch welche er im letztern Falle dringt, allenthalben einerlei Dichtigkeit besitzt. In allen übrigen Fällen wird er gebrochen, und zwar erfolgt diese Brechung dergestalt, daß wenn wir uns zwei Luftschichten von verschiedener Dichtigkeit durch eine scharfe Gränze getrennt denken, der Strahl sich beim Eintritte in die dichtere Schicht gegen das Einfallslotz bewegt. Wenn demnach der Strahl von einem Sterne zu uns gelangt, so tritt er in Luftschichten, deren Dichtigkeit immer größer wird, er nähert sich also der verticalen Richtung, und der Stern scheint höher über dem Horizonte zu stehen, als wirklich der Fall ist: eine Ablen-

lung, welche desto bedeutender wird, je geringer seine scheinbare Höhe ist; im Zenith, wo die Strahlen auf der Trennungsgrenze aller Luftschichten senkrecht stehen, gehen sie ungebrochen fort. Diese Brechung erreicht ihren größten Werth, wenn der Stern sich am Horizonte befindet, indem er dann etwa 30 Minuten über dem Horizonte zu seyn scheint. Wenn demnach die auf- oder untergehende Sonne mit ihrem untern Rande den Horizont berührt, so scheint sie um 30 Minuten höher zu seyn, und da dieses sehr nahe der Durchmesser der Sonne ist, so folgt, daß sie in der That eben mit ihrem obern Rande über dem Horizonte erscheint, wenn ihr unterer Rand denselben scheinbar verläßt.

Bei allen Beobachtungen von Sternhöhen muß demnach eine Correction wegen der Strahlenbrechung angebracht werden, und lange fortgesetzte Beobachtungen haben den Astronomen die Werthe dieser Refraction für verschiedene Stände von Barometer und Thermometer gezeigt. Aber sehr häufig zeigen sich bedeutende Abweichungen zwischen der beobachteten Strahlenbrechung und derjenigen, welche man aus den Angaben dieser beiden Apparate herleitet. Wir dürfen dabei aber nicht vergessen, daß unsere Instrumente uns nur die Dichtigkeit der Luftmassen an der Erdoberfläche angeben und daß Winde und andere Ursachen eine Dichtigkeit in der Höhe hervorbringen können, welche von derjenigen verschieden ist, die dort im Mittel Statt findet. Es würden demnach sorgfältig angestellte und anhaltend verfolgte Messungen der astronomischen Strahlenbrechung von Wichtigkeit seyn, um die Dichtigkeit der höheren Luftschichten zu verschiedenen Zeiten kennen zu lernen, namentlich würde man dadurch die schnellere oder langsamere Abnahme der Wärme erfahren. Bis jetzt fehlt es indessen ganz an Arbeiten dieser Art; diese Unregelmäßigkeiten in der Aenderung der Dichtigkeit geben aber Anlaß zu dem

Funkeln der Sterne.

Die Sterne erscheinen in unseren Gegenden nicht immer unverrückt an derselben Stelle, vielmehr scheinen sie häufig zu zittern, sie verlassen den Ort, an welchem sie sich befinden, um ihn im nächsten Momente wieder einzunehmen. Dabei ändert sich zugleich ihre Lichtstärke; indem sie so eben einen ungewohnten

Glanz besitzen, sind sie sogleich darauf dem Verschwinden nahe; eben so findet man auch zuweilen einen Wechsel der Farbe, indem die grünen, rothen oder blauen Strahlen vorherrschen, was besonders dann der Fall ist, wenn sie in der Nähe des Horizontes stehen. An den Fixsternen ist dieses Funkeln bei weitem merklicher als an den Planeten, bei denen es sich seltener zeigt; an Tagen jedoch, wo es an den Fixsternen sehr lebhaft ist, bemerkt man auch an diesen einen Wechsel der Lichtstärke, wie ich es namentlich an dem niedrig stehenden Jupiter bemerkt habe.

Das Funkeln zeigt sich nicht in allen Stellungen der Sterne gleich stark; meistens zittern die in der Nähe des Horizontes befindlichen weit lebhafter als die höher stehenden; nicht selten ist das Licht im Zenith völlig ruhig, während unser Phänomen sich am Horizonte zeigt. Eben so wenig ist das Funkeln unter allen Umständen gleich lebhaft. So erzählt namentlich *Musschenbroeck*, daß es sich in Holland vorzüglich bei starkem Froste und heiterm Himmel zeige, und eben dieses ist auch in anderen Gegenden der Fall. Am stärksten ist es nach meinen Erfahrungen wenn in den oberen Regionen der Atmosphäre lebhafte Winde wehen, und wenn dabei heiterer und bewölkter Himmel in kurzer Zeit wechseln. Eben dieses scheint auch in anderen Gegenden der Fall zu seyn, wenigstens sieht man es nicht selten als Vorboten von Stürmen an.

Da das Funkeln sich vorzugsweise dann sehr lebhaft zeigt, wenn Luftströme von ungleicher Temperatur sich über einander fortbewegen und zum Theil mischen, so folgt hieraus, daß es nicht zu allen Zeiten gleich seyn könne. Wenn zwischen den Wendekreisen in der trockenen Jahreszeit der Passat mit großer Regelmäßigkeit weht, so zeigen die Sterne nach *Humboldt* nur in der Nähe des Horizontes einige Unruhe; eben dieses bemerkt *Condamine* mit dem Zusatz, daß in Peru dieses Funkeln weit schwächer sey, als in Europa. Eben so ist das Funkeln in Arabien und Persien besonders im Winter stark, doch nicht so lebhaft als in Europa.

Die Ursache des ganzen Phänomenes müssen wir in der ungleichen Brechung suchen, welche das Licht in warmer und kalter, feuchter und trockener Luft erleidet. Obgleich schon *Vitellio* dasselbe aus einer Bewegung der Luft ableitete, so zeigte doch

zuerst Hooke, daß die Mischung ungleich warmer Luftschichten die wichtigste Rolle dabei spiele; er fügt hinzu, man könne sich von der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugen, wenn man über ein Stück heißes Glas nach entfernten Gegenständen sehe, indem diese dann ebenfalls zitterten. Fällt nämlich das Licht eines Sternes S (Taf. IV. Fig. 1.) nach der Richtung SC auf die Atmosphäre, so wird es beim Uebergange in jede neue Luftschicht gebrochen und ein Strahl CDEF gelangt zu dem in F befindlichen Beobachter, dieser sieht also den Stern in der Richtung FE. Gesezt nun, es werde plötzlich die Luftschicht DE verrückt und eine andere von verschiedener Dichtigkeit an ihre Stelle gesetzt, so wird der Lichtstrahl CD nicht mehr nach DF, sondern nach DI gebrochen und gelangt nicht mehr ins Auge, sondern es kommt der Strahl CHF dahin, und der Stern, welcher sich kurz vorher in der Richtung FD zeigte, erscheint nun in H. Hat aber diese neu angekommene Luftmasse kein bedeutendes Volumen, oder weicht ihre Temperatur nicht sehr von der der verdrängten Masse ab, so ist die Aenderung des Ortes und der Lichtstärke nur unbedeutend, und daher funkeln auch die Planeten weniger als die Fixsterne. Da letztere nämlich als Punkte erscheinen, so muß eine noch so kleine Ortsveränderung schon auffallen, und beträgt sie vielleicht auch nur 5 Secunden, so können wir sie schon wahrnehmen; bei den Planeten, welche selbst schon einen scheinbaren Durchmesser von 30 bis 40 Secunden haben, wird es schwerer, die geringe Vergrößerung oder Verkleinerung des Letztern zu bemerken; doch erscheinen sie uns durch Fernröhre öfter mit zitterndem Rande, zumal wenn sie niedrig stehen; ein eben solches Zittern des Randes zeigt sich auch häufig an der Sonne. Da übrigens das Licht von niedrig stehenden Sternen einen weit größern Weg durch die Atmosphäre zurückzulegen hat, so wird die Möglichkeit, daß auf dieser Bahn eine Vermischung verschiedener Luftschichten Statt finde, größer, und daher zeigt sich das Funkeln hier häufiger als in der Nähe des Zenithes.

Doch nicht allein die Ortsveränderung, sondern der Wechsel in der Helligkeit und der Färbung des Sternes charakterisiren das Funkeln, und diese beiden Thatfachen müssen wir mit *Arago* aus der Interferenz des Lichtes ableiten. Lichtstrahlen nämlich, welche wenig gegen einander geneigt sind und sich dann durch-

schneiden, können sich gegenseitig sowohl verstärken als auch schwächen, ja unter Umständen gänzlich aufheben, und diese Thatfache, welche sich kaum erklären läßt, wenn wir das Licht als etwas Materielles ansehen, ist eine einfache Folgerung aus dem Undulationsysteme, ja einer der besten experimentellen Beweise für dasselbe. Man werfe bei ruhigem Wetter in einen Teich einen Stein, so entsteht ein System kreisförmiger Wellen, dessen Mittelpunkt dieser Stein bildet. Gleichzeitig werfe man in einiger Entfernung neben einander zwei etwa gleich große Steine; jedes der kreisförmigen Wellensysteme setzt seinen Weg genau in derselben Gestalt fort, als ob das zweite nicht vorhanden wäre; an den Durchschnittspunkten zweier Wellen finden wir durchaus keine Spur einer Störung in der Gestalt, nur die Stärke der Wellen wird hier geändert. Da nämlich, wo ein höchster Theil der Wellen, d. h. ein Wellenberg des einen Systemes mit einem Wellenberge des zweiten Systemes zusammentrifft, wird die Erhebung des Wassers lebhafter; wo der tiefste Theil einer Welle, d. h. ein Wellenthal des einen Systemes mit einem Wellenthale des zweiten Systemes zusammenfällt, wird eine tiefer liegende Thalfstelle gebildet, und so ist also die Bewegung des Wassers lebhafter an denjenigen Stellen, wo sich gleichartige Theile der Wellen schneiden, als wenn nur ein System vorhanden wäre. Wo dagegen ein Wellenberg das Wasser zu erheben, ein Wellenthal aber dasselbe hinab zu bewegen sucht, da heben sich die beiden entgegengesetzten Bewegungen auf und das Wasser bleibt hier in Ruhe, oder die Bewegung ist doch weniger lebhaft, als wenn nur ein System vorhanden wäre, wofür die Aufhebung nicht vollständig ist.

Nach dem Undulationsysteme müssen wir annehmen, daß das Licht desto stärker werde, je lebhafter die Theilchen des Aethers um ihre mittlere Stellung schwingen, auf eine ähnliche Weise, als der Ton einer angeschlagenen Glocke oder Saite im Anfange am stärksten ist, weil dann die Excursionen der schwingenden Theilchen am größten sind. Die Weite der Excursionen, d. h. der Abstand zweier einander folgenden Wellen, aber ist für die verschieden gefärbten Strahlen ungleich, ähnlich wie bei den verschiedenen Tönen in der Musik, indem irgend ein Ton in einer Secunde halb so viel Schwingungen macht, als derjenige, welcher

eine Octave höher liegt, woraus zugleich folgt, daß bei jenem der Abstand zweier Wellen doppelt so groß ist, als bei diesem. Genaue Messungen haben gezeigt, daß der Abstand zweier Wellen desto kleiner wird, je weiter wir von der rothen Seite des Spectrums nach der blauen gehen.

Legen wir diese Thatsache zum Grunde, so folgt der Wechsel in der Helligkeit und Farbe des Sternes sehr einfach aus ihr. Wir müssen nämlich annehmen, daß gleichzeitig eine größere Menge von Strahlen, welche vom Sterne kommen und verschieden gebrochen sind, sich in unserm Auge oder auf der Bahn durch die Atmosphäre vereinigen. Es kommt dabei auf die Länge des Weges an, welche zwei Strahlen gemacht haben, wie die Helligkeit des vereinigten seyn soll. Treffen sie sich dergestalt, daß gleichartige Theile von ihnen zusammenkommen, so findet eine größere Helligkeit Statt; treffen aber ungleichartige Theile, also um an die Wellen auf dem Wasser zu erinnern, ein Wellenberg und ein Wellenthal zusammen, dann heben sich beide ganz oder zum Theil auf, die Helligkeit nimmt ab. Und da bei diesem Zustande der Atmosphäre die Strahlen fast in jedem Momente eine andere Brechung erleiden, so ist es möglich, daß zwei Strahlen sich jetzt verstärken, daß aber im nächsten Momente zwei andere sich aufheben, was offenbar eine plötzliche Abnahme der Helligkeit zur Folge hat. Da jedoch das von den Sternen kommende Licht eben so wie das der Sonne durch das Prisma in Farben zerlegt wird, also aus einfachen Strahlen zusammengesetzt ist, so müssen wir diese Aufhebung oder Verstärkung zunächst in diese einfachen Strahlen legen. Es kann also geschehen, daß das Roth von zwei sich treffenden Strahlen sich aufhebt, das Blau dagegen sich verstärkt, dann ist in dem von uns bemerkten Lichte ein Ueberschuß von Blau vorhanden; im nächsten Momente hebt sich das Blau auf und es ist ein Ueberschuß von Roth vorhanden.

Lufspiegelung.

Eben so wie das von den Sternen zu uns gelangende Licht dergestalt gebrochen wird, daß sie höher zu stehen scheinen, gilt dieses auch von terrestrischen Gegenständen, und beim Höhermessen der Berge muß darauf Rücksicht genommen werden. Nur dann, wenn der Gegenstand sich in unserm Scheitel befindet,

wird der Strahl nicht gebrochen; eben dieses würde bei einem Gegenstande erfolgen, welcher sich mit unserm Auge in einerlei Horizontalebene befände, wosern die Luft auf dem ganzen Wege genau dieselbe Dichtigkeit hätte. Aber diese letztere Bedingung findet selten Statt, vielmehr wird durch Einwirkung des Bodens auf die unteren Luftschichten in diesen eine solche Verschiedenheit der Temperatur hervorgerufen, daß daraus manche Anomalieen in der Strahlenbrechung folgen.

Man betrachte besonders bei heiterm Sonnenscheine und windstillem Wetter Gegenstände, welche in einiger Ferne liegen, oder den Schatten, welchen Bäume auf eine stark von der Sonne beschienene Fläche werfen, so findet man, daß die Umrisse derselben beständig zittern, noch mehr ist dieses der Fall bei Gegenständen am Horizonte, zumal wenn wir sie durch ein Fernrohr betrachten. Dann werden nicht selten Stücke von dem Horizonte losgerissen, schweben einige Zeit in der Luft und sinken dann herab. Hat der Gegenstand dabei geringe Dimensionen, dann erscheint er oft doppelt oder mehrfach. So bemerkte Biot, als er am Abend nach einem sehr entfernten Lichte mittelst des Fernrohrs sah, zwei Bilder desselben, eins senkrecht über dem andern; das wahre Licht erschien unten, das höher liegende war in der verticalen Richtung ausgedehnt und gefärbt. Kurz darauf sah er statt zweier Lichte deren drei, vier und mehrere, die unregelmäßig erschienen und verschwanden, doch so, daß die niedrigsten, welche dem wahren Bilde am nächsten waren, leichter und häufiger erschienen, als die übrigen; die höchsten dagegen waren die ausgedehntesten und glänzendsten. Zuweilen sieht man tief liegende Gegenstände auf Ebenen ebenfalls verdoppelt, indem entweder über oder unter ihnen ein oder mehrere Bilder entstehen. Man bezeichnet dieses Phänomen mit dem Namen Lufspiegelung; an der norddeutschen Küste heißt es *Kimmung*, sehr häufig bedient man sich des französischen Namens *Mirage*.

Um im Allgemeinen den Weg des Lichtstrahles bei diesem Phänomene zu übersehen, bezeichne O das Auge des Beobachters, H den Horizont (Taf. IV. Fig. 2). Nämlich der Lichtstrahl HO durch eine Luftschicht von derselben Dichtigkeit, so erscheint der Gegenstand H mittelst desselben; gesetzt aber, bei wind-

stille Wetter werde der Boden durch lebhaftere Einwirkung der Sonne sehr stark erhitzt, so nimmt die Temperatur von unten nach oben in der Nähe der Erdoberfläche sehr schnell ab, und die dadurch bewirkte Aenderung der Dichtigkeit in den untersten Luftschichten veranlaßt auch eine schnelle Aenderung der Strahlenbrechung; nachdem der Strahl HC seinen Weg in der untersten Luftschicht fortgesetzt hat, tritt er bei C in eine kältere und dichtere Schicht, er wird gegen das Einfallslot, also nach oben gebrochen, und indem ihm dieses in jeder folgenden Schicht widerfährt, beschreibt er die nach oben concave Curve HCA, gelangt also nicht ins Auge. Dagegen wird ein zweiter nach unten gegangener Strahl in der Richtung HDO gekrümmt, und das Auge erblickt den Gegenstand nochmals unter seinem wahren Bilde in umgekehrter Stellung, so daß es also scheint, als ob er sich hier abspiegle; diese Täuschung wird um so größer, da die Strahlen von den zwischen H und H₁ liegenden Punkten nicht zum Auge gelangen, und so scheint hier ein von Gegenständen leerer Raum in der Nähe des gespiegelten Bildes zu liegen, welchen man um so eher für Wasser zu halten geneigt ist, da schwache Ströme die Luft am Boden mischen und dadurch den Gegenständen eine zitternde Bewegung mittheilen, so daß man Wellen auf der Oberfläche des Wassers zu sehen glaubt. Ist dagegen die Luft in der Tiefe kälter als in der Höhe von wenigen Fuß, wie z. B. über dem Meere oder Eisfeldern, dann erscheint das gespiegelte Bild über dem geraden, und über diesem verkehrt stehenden erscheint dann häufig noch ein gerades. Wolston hat einen einfachen Versuch angegeben, welcher denselben Vorgang zeigt. Man nehme ein viereckiges Glasgefäß mit recht ebenen Wänden, gieße in dasselbe Wasser und führe dann durch letzteres einen feinen Trichter bis zum Boden und gieße durch diesen Schwefelsäure; wird der Versuch vorsichtig gemacht, so finden wir am Boden concentrirte Schwefelsäure, nach oben hin wird in jeder Schicht die Menge des Wassers größer; damit aber ändert sich auch das Brechungsverhältniß, indem dieses in jeder höher liegenden Schicht etwas größer ist, als in der tiefer liegenden. Halten wir dann hinter das Gefäß einen kleinen Gegenstand, etwa auf Papier geschriebene Buchstaben, und befindet sich das Auge mit ihm in derselben Horizontale, so

erblickt man bei passender Stellung den Gegenstand doppelt, einmal direct, einmal gespiegelt.

Die Luftspiegelung zeigt sich besonders auf weit ausgedehnten Ebenen, wenn an windstillen Tagen der Boden von der Sonne lebhaft erhitzt wird, namentlich sind die Ebenen von Asien und Africa dadurch berühmt geworden. So wurde die französische Armee in Aegypten während des Feldzuges von Napoleon dadurch sehr häufig auf eine bittere Weise getäuscht. Der Boden von Unter-Aegypten bildet eine große vollkommen horizontale Ebene, auf welcher auf wenig erhöhten Hügeln die Dörfer liegen. Am Abend und Morgen erscheinen die Gegenstände in ihrer natürlichen Lage und Entfernung; wenn aber die Oberfläche des Bodens durch die Sonne stark erhitzt worden ist, so scheint in der Ferne das Land von einer großen Wassermasse bedeckt zu seyn, die Dörfer erscheinen als Inseln in einem großen Meere, und unter jedem erscheint sein Bild auf dieselbe Weise, als man es in einem Wasserbecken sehen würde. Bei der Annäherung verschwindet dieser See, und der Reisende, welcher bei der großen Hitze von Durst litt, sieht sich in seinen Erwartungen getäuscht. So häufig ist dieses Phänomen in jenen Gegenden, daß der Koran die Luftspiegelung, welche er Serab nennt, sehr häufig als Bild gebraucht, um das Trügerische zu bezeichnen. So sagt er z. B.: „der Ungläubigen Werke sind dem Serab in einer Ebene gleich; der Durstende hält es für Wasser, bis er hinkommt und findet, daß es nichts ist.“ Ist aber gleich das Phänomen im Orient am häufigsten, so zeigt es sich doch auch in den Ebenen unserer Gegenden weit öfter als gelaubt wird, besonders dann, wenn man den Kopf dem Boden nähert; ich habe es häufig in der Gegend von Halle, im Magdeburgischen und ausgezeichnet schön auf der Ebene am Rande der Ostsee gesehen, wo es zuweilen schien, als ob ich mich in der Mitte eines großen Wasserbeckens befände.

Ist der Boden kälter als die darüber befindliche Luft, und nimmt die Temperatur der unteren Schichten mit der Erhebung sehr schnell zu, dann sieht man nicht bloß über dem Gegenstande ein verkehrtes Bild, sondern es wird unser Gesichtsfeld dadurch auch im hohen Grade erweitert. Namentlich hat Scoresby eine große Menge von Erfahrungen dieser Art in den grönländi-

schen Gewässern gesammelt. Als am 19. Junius 1822 die Sonne drückend heiß war, so schien das Land plötzlich 15 bis 20 (englische) Meilen näher gerückt zu seyn; die verschiedenen Theile desselben ragten so stark hervor, daß sie vom Verdecke mit größerer Deutlichkeit unterschieden werden konnten, als kurz vorher vom Mars aus. Das Eis am Horizonte nahm mancherlei sonderbare Gestalten an, große Eisblöcke wurden zu aufrecht stehenden Säulen, Eisschollen und Eisfelder erhoben sich zu einer Kette von prismatischen Felsen, und an vielen Stellen erschien das Eis in der Luft in einer Höhe von einigen Minuten über dem Horizonte. Die Schiffe in der Nähe zeigten sich in einigen seltsamen Formen. An einigen waren die unteren großen Segel fast zu nichts zusammengedrückt; dagegen die Marssegel beinahe auf das Vierfache ihrer wirklichen Höhe ausgedehnt und die Bramsegel verstümmelt. Hier und da kamen ganz seltsame Verbindungen zum Vorschein. Ueber dem Bramsegel schien noch ein Segel, wie ein schwebendes Oberbramsegel, aufgesetzt; an andern war das in die Länge gezogene Marssegel deutlich in zwei Segel getheilt, indem das eigentliche Segel von seinem Bilde durch einen Zwischenraum getrennt war. Ueber einigen entfernten Schiffen sah man ein verkehrtes Bild derselben in der Luft, das oft größer war, als das Schiff selbst *); in einigen Fällen war dieses in beträchtlicher Höhe über dem Schiffe, aber es erschien immer in geringerer Größe als das Original, wenn beide nicht mit einander in Berührung standen. Das Bild des einen Schiffes war mehrere Minuten nach einander deutlich zu sehen, während das Schiff selbst, zu welchem es gehörte, unsichtbar war. Ein Schiff war sogar mit zwei Bildern gekrönt, einem verkehrten und einem aufrechten. Etwas Aehnliches sah Scoresby einige Tage später. „Die auffallendste Wirkung, fährt er fort, war das deutliche verkehrte Bild eines Schiffes, am klaren Himmel, während das Schiff selbst jenseits unseres Horizontes war. Solche Erscheinungen waren uns zwar auch schon vorgekommen, aber das Eigenthümliche bei der jetzigen war die Vollständigkeit des Bildes und die große Entfernung des Schiffes, zu welchem es gehörte. Es war so ausnehmend

*) Dasselbe habe ich im Jahr 1837 an der Ostküste bemerkt.

scharf begrenzt, daß, da ich es mit einem Dollond'schen Fernrohre betrachtete, ich jedes Segel, die ganze Gestalt des Schiffes und seinen eigenthümlichen Charakter erkennen konnte; ich sah sogleich, daß es meines Vaters Schiff wäre, und es fand sich hinterher, daß es dies wirklich gewesen war, obgleich sich aus unserer Rechnung ergab, daß wir damals beinahe 30 Meilen von einander entfernt waren, welches etwa 17 Meilen jenseits des eigentlichen Horizontes und noch mehrere Meilen jenseits der Gränze des unmittelbaren Sehens war."

Wenn eine Luftspiegelung im engeren Sinne Statt findet, so, wenn wir also unter dem wahren Gegenstande sein verkehrtes Bild sehen wollen, so ist jedesmal erforderlich, daß die Luft in der Nähe des Bodens bedeutend wärmer sey, als in einiger Höhe. Diese schnelle Aenderung der Temperatur beweist aber stets einen nur unregelmäßigen Zustand der Atmosphäre, und die Windstille, welche in unseren Klimaten erforderlich ist, damit das Phänomen recht auffallend hervortrete, wird in Folge des aufsteigenden Luftstromes nicht selten von heftigen Stürmen verdrängt. Auch erwähnen verschiedene Beobachter, daß auf eine lebhafteste Luftspiegelung Stürme gefolgt seyen.

Höfe im Allgemeinen.

Wenn das von den Gestirnen kommende Licht auf niedergeschlagene Dämpfe trifft, mögen diese die Gestalt von Nebelbläschen oder von kleinen EiskrySTALLen haben, so erleidet es durch ihre Einwirkung mancherlei Modificationen, und es entstehen dadurch jene Phänomene, welche im Allgemeinen mit dem Namen Höfe bezeichnet werden. Gewöhnlich aber bedient man sich dieses Ausdruckes für zwei Erscheinungen, welche nicht bloß in ihrem Aussehen, sondern auch in ihrer Entstehungsart sehr von einander abweichen. Bei dünn bewölktem Himmel zeigt sich häufig ein gefärbter Ring, in welchem vorzugsweise das Roth vorherrscht, um die Sonne oder den Mond, dessen Durchmesser nur wenige Grade beträgt; zuweilen findet man mehrere concentrische Ringe dieser Art, die durch einen Zwischenraum getrennt sind, in welchem vorzugsweise Grün vorherrscht. Eine Erscheinung dieser Art wollen wir Lichtkranz oder Schlechthin Kranz nennen; mehrere Schriftsteller gebrauchen den Namen kleiner

Hof. Zu den Kränzen rechne ich auch diejenige Erscheinung, welche sich zeigt, wenn der Schatten eines Beobachters auf eine Wolke fällt, wobei sein Kopf von gefärbten Ringen umgeben wird. Der Geograph Keller in seiner Beschreibung des Rigi bezeichnet dieses Phänomen mit dem Namen Nebelbild, und unter diesem ist es gewiß den meisten Alpenreisenden bekannt; auf dem Brocken heißt es Brockengespenst. Wir wollen es Gegen Sonne nennen. Die zweite Klasse dieser Phänomene bilden die eigentlichen Höfe, welche auch wohl große Höfe genannt werden. Wir verstehen darunter größere Kreise, die sich um Sonne und Mond zeigen und deren Durchmesser constant nahe 44° beträgt; zuweilen sind damit noch Kreise von doppeitem Durchmesser, Nebensonnen und anderweitig gestaltete Kreise verbunden. Beide Klassen, welche schon in ihrem Ansehen so sehr von einander abweichen, haben eine sehr ungleiche Entstehungsart; die eine wird nämlich in Nebelbläschen, die andere in Schneekristallen gebildet.

Lichtfränze.

Wenn dünne Wolken oder Nebel bei der Sonne vorbeiziehen, so daß die Strahlen von dieser nicht zu sehr geschwächt werden, so erscheint der Lichtkranz mehr oder weniger regelmäßig, wofern sich nicht bei einem völlig ähnlichen Ansehen des Himmels ein eigentlicher Hof zeigt, wo dann der Kranz seltener ist. Da man in der Regel von den Strahlen der Sonne zu sehr geblendet wird, um die Färbungen in ihrer Nähe zu sehen, so bemerkt man bei ihr die Erscheinung seltener als beim Monde. Man kann diesen Uebelstand durch Anwendung eines auf der Rückseite geschwärzten Glasspiegels, dessen ich mich seit einer Reihe von Jahren stets bediene, vermeiden; das Licht wird bei der Reflexion so geschwächt, daß es möglich ist, die Erscheinung in der Nähe der Sonne zu sehen.

Wofern die Wolken nicht so dicht sind, daß die von der Sonne kommenden Strahlen nicht mehr durch sie hindurchzudringen vermögen, zeigen alle Wolken, mit Ausnahme der Cirri und weit ausgedehnten Cirrostrati von geringer Dicke, Spuren von Lichtfränzen. Doch ist die Schönheit und Lebhaftigkeit der Farben nicht bei allen gleich groß. Nie habe ich sie schöner ge-

sehen als in den Nebeln, welche sich während der Nacht in den Thälern bilden und sich gegen Mittag allmählich zu den Spitzen der Berge erheben; zogen einzelne solcher Flocken neben mir vor der Sonne vorbei, so erschienen die Farben mit einer Pracht, wie ich sie selten wieder gesehen habe. Nicht minder schön zeigen sie sich in Cirrocumulis, zumal wenn diese lockeren Massen blendend weiß und ihre Ränder so verwaschen sind, daß man die Umrisse nur mit Mühe auf dem Himmel verfolgen kann. Ähnlich geformte Massen, deren Ränder mehr gekräuselt sind und welche ich zu der Formation des Stratocumulus rechne, zeigen die Lichtfränze nur unvollkommen, meistens herrscht darin ein unbestimmtes Roth ohne scharfe Gränze. In eigentlichen Cumulis ist häufig die Masse der Nebelbläschen so groß, daß das Licht nicht in hinreichender Menge durch sie hindurchdringt, um die Erscheinung zu zeigen; dagegen sieht man die Farben oft ziemlich lebhaft und gut begränzt in einzelnen dünnen Fasern, welche unter mancherlei Formen sich von der Hauptwolke entfernen und in der Nähe der Sonne stehen. Es ergiebt sich hieraus, daß das Phänomen keinesweges zu den Seltenheiten gehört, sondern daß man es fast täglich beobachten kann, wenn dünne Wolken vor der Sonne vorbeiziehen.

Ist der Lichtkranz vollständig ausgebildet, so bemerkt man mehrere Reihen concentrischer Ringe. Zunächst an der Sonne liegt ein mattes Blau, worauf Weiß und späterhin Roth folgt, womit die erste Farbenreihe abgeschlossen wird. In der zweiten Reihe folgen mit der Entfernung von der Sonne Purpur, Blau, Grün, blasses Gelb und Roth; in der dritten blasses Blau und mattes Roth. Aber nur selten ist das Ganze so vollständig ausgebildet. Meistens sieht man ein mattes mit vielem Weiß untermischtes Blau zunächst um die Sonne, worauf ein rother Kreis folgt, welcher nach innen ziemlich scharf begränzt ist, nach außen aber sich allmählich verliert; wird außer diesem ersten Ringe noch ein zweiter rother gebildet, so zeigt sich in dem Zwischenraume zwischen beiden vorzugeweise Grün. Der Abstand dieses rothen Ringes von dem Mittelpunkte der Sonne ist je nach der Beschaffenheit der Wolken und der Witterung sehr ungleich; ich habe

dafür Größen von kaum einem Grade, aber auch von mehr als 4 Graden erhalten.

Diese Kränze entstehen nach den sorgfältigen Untersuchungen von Fraunhofer durch diejenige Modification des Lichtes, welche wir Beugung nennen, und wenn es gleich nicht möglich ist, diese so wie die folgenden Untersuchungen in diesen Vorlesungen, aus denen die mathematischen Betrachtungen ausgeschlossen sind, in der Vollständigkeit zu behandeln, welche sie verdienen und welche ein genaueres Verständniß des Gegenstandes erfordert, so will ich hier doch die Gesetze so einfach als möglich mittheilen.

Betrachten wir einen leuchtenden Punkt, z. B. das von einem geschwärzten Uhrglase oder einer Thermometerkugel reflectirte Bild der Sonne oder eine fern stehende Kerze, durch eine schmale Spalte, etwa durch einen Schnitt, welchen man mit einem scharfen Messer in etwas steifes Papier gemacht hat, so bemerken wir auf beiden Seiten des Punktes eine Reihe farbiger Bilder. Nehmen wir statt des weißen Sonnenlichtes ein einfaches, wie es etwa durch farbige Gläser erhalten wird, so bemerken wir eine Anzahl heller Bilder, welche durch dunkle Zwischenräume von einander getrennt sind; aber unter übrigens gleichen Umständen ist der Abstand der rothen Bilder von einander kleiner als der der blauen. Das Phänomen hat seinen Grund darin, daß die Lichtwellen durch die Spalte hindurch ihren Weg fortsetzen, daß aber zugleich die beiden Ränder der Spalte Mittelpunkte neuer Wellensysteme werden, welche durch Interferenz theils auf einander, theils auf die direct ankommenden Wellen wirken, so daß an einigen Stellen eine völlige Aufhebung des Lichtes, an andern dagegen eine Verstärkung desselben Statt findet, woraus sich bei einfachem Lichte der Wechsel der hellen und dunkeln Stellen ergibt; der Abstand dieser Bilder von dem leuchtenden Punkte aber hängt von der Wellenlänge des benutzten Lichtes ab. Nehmen wir weißes Licht, so fällt das Dunkel des rothen Strahles vielleicht dahin, wo sich zwei blaue Strahlen verstärken, diese Stelle erscheint also blau. Eine genaue Berechnung der Stellen, wohin die einzelnen Farben fallen, giebt Größen, welche mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmen.

Noch schöner werden die Erscheinungen, wenn wir statt einer einzigen Spalte mehrere gleich breite und gleich von einander abstehende nehmen; das, was die eine von ihnen hervorbringt, wird zugleich durch die Wirkung der benachbarten verstärkt. Man ziehe z. B. auf eine Glasplatte eine Menge feiner Linien in gleichem Abstände mit einem Diamant, so sieht man um ein Licht eine Reihe farbiger Bilder, welche sich in einer auf den Strichen senkrechten Richtung ausbreiten; hätte man auf die Glasplatte zwei auf einander senkrecht stehende Systeme von Strichen gezogen, so hätte man auch zwei Systeme von Bildern erhalten, welche ein Kreuz mit senkrechten Armen gebildet hätten. Unvollkommen kann man dieses bemerken, wenn man ein entferntes Licht durch fein gewebten Musselin betrachtet. Wären die durchsichtigen Stellen nicht wie hier in parallelen Reihen, sondern willkürlich im Raume aber stets symmetrisch um einen Punkt geordnet gewesen, so hätten diese Bilder sich zu Kreisen verbunden, deren Mittelpunkt der leuchtende Punkt gewesen wäre. Dieses sah z. B. Fraunhofer als er eine Menge gleich großer runder Plättchen von Stanniol oder gleich große Glasfingerringen von geringem Durchmesser zwischen Glasplatten legte und durch dieses System kleiner Körper einen entfernten leuchtenden Punkt betrachtete. Um ihn zeigte sich eine Reihe gefärbter Ringe. Weniger vollkommen sieht man es, wenn man eine Glasplatte schwach anhaut und dadurch ein entferntes Licht ansieht; hier haben die verschiedenen Theile der Platte eine ungleiche Durchsichtigkeit und Brechbarkeit, so entsteht eine Menge von Wellensystemen, welche durch Interferenz auf einander einwirken und dadurch zur Entstehung der Farben Veranlassung geben. Sind Glascheiben lange nicht gereinigt, so bildet sich von Rauch oder Staub ein schwacher Ueberzug auf ihrer Oberfläche, und da diese undurchsichtigen Theilchen ungefähr gleich groß sind, so zeigt ein Licht, welches man durch eine solche Scheibe betrachtet, einen farbigen Hof, welcher deshalb kreisförmig wird, weil diese das Licht beugenden Theilchen rings um die Stelle, durch welche die vom Auge zum Lichte gezogene Linie geht, gleich beschaffen sind. Doch nicht bloß durch directes, sondern auch durch reflectirtes Licht entsteht dasselbe Phänomen. Hätten wir im letztern Falle das von einem angelaufenen Glase reflectirte Bild einer Kerze betrachtet,

so hätten wir um dasselbe ebenfalls einen kreisförmigen Hof gesehen, eben so wie wir bei der zuerst erwähnten radirten Glasplatte auf beiden Seiten des reflectirten Bildes eine Reihe farbiger Streifen sehen. Der Abstand der einzelnen Bilder von einander hängt aber hier eben so wie bei der zuerst erwähnten von dem Abstände der Striche von einander ab.

Sind die Nebelbläschen nicht in zu großer Menge vorhanden und ist ihr Durchmesser gleich, dann wirkt jedes von ihnen auf eine ähnliche Weise auf das Licht ein, als der Rauch auf der angelaufenen Glasplatte; um die Sonne erscheint ein leuchtender Kreis, dessen Durchmesser von der Größe der Nebelbläschen abhängt. Zwischen diesen beiden Dimensionen findet eine so innige Relation Statt, daß wir in der Messung der Höfe das beste Mittel finden, um den Durchmesser der Nebelbläschen anzugeben, und auf diese Weise habe ich die oben S. 137. mitgetheilten Größen gefunden. Haben die Dunstbläschen in der Atmosphäre eine sehr ungleiche Größe, so können nach den Gesetzen der Lichtbeugung keine Kränze mit bestimmten Farben gesehen werden, es entsteht nur ein heller Schein um den Himmelskörper.

Ein Jeder, welcher diese Erscheinungen aufmerksam verfolgt, kann sich von den mannichfachen Abänderungen derselben überzeugen. Ich erwähne unter denselben nur das Zersplittern mancher Wolken. Wenn weiß aussehende Wolken, deren Ränder mit dem Horizonte parallel sind und welche die Gestalt der Cirrostrati haben, in der Nähe der Sonne stehen, so bemerkt man vermittelt des geschwärzten Spiegels selten scharfe Lichtkränze, wohl aber lebhafte prismatische Farben in Gestalt von Streifen, welche mit dem Rande der Wolke parallel sind und zuweilen einen Abstand von 10 Grad und mehr von der Sonne haben. Meistens sind diese Streifen im Innern grün und ringsum von einem rothen Rande umgeben. Sie sind völlig unregelmäßig in der Wolke zerstreut, so daß sich keine Regel für ihren Abstand von der Sonne angeben läßt. Wahrscheinlich besitzen die Bläschen an einzelnen Stellen sehr ungleiche Dimensionen, wodurch die Regelmäßigkeit des Kreises gestört wird, und nicht selten folgt darauf Regen.

Gegensonne.

Steht die Sonne niedrig und fällt der Schatten des Beobachters auf Gras, Getreide oder eine behaute Fläche, so bemerkt er einen eigenthümlichen Schein, welcher in der Nähe des Kopfes am lebhaftesten ist, dessen Helligkeit aber nach allen Seiten hin abnimmt. Dieser Schein entsteht aus der Reflexion des Lichtes von den glänzenden Halmen oder Thautropfen und muß daher in der Nähe des Kopfes am lebhaftesten seyn. Denn die Halme, welche in der Nähe des Kopfschattens liegen, zeigen uns fast ihre ganze erleuchtete Fläche, während wir von den entfernter stehenden beschattete und erleuchtete Theile sehen, wodurch natürlich die Helligkeit vermindert wird, desto mehr, je größer ihr Abstand vom Kopfe ist. Da die Grasshalme eine cylindrische Gestalt haben, so folgt zugleich, daß der von ihnen gebildete Schein sich etwas nach oben verlängern müsse.

Auf eine völlig ähnliche Weise entsteht die Gegensonne, welche zuerst von Bouguer in den Cordilleren, darauf von mehreren andern Beobachtern in andern Gegenden gesehen, aber besonders von Scoresby ausführlich beschrieben wurde. Nach seinen Bemerkungen ist das Phänomen in den Polargegenden stets sichtbar, wenn Sonnenschein und Nebel zugleich vorhanden sind, und eben dieses bestätigen meine Erfahrungen in den Alpen; so wie mein Schatten auf eine Wolke fiel, zeigte es sich mehr oder weniger deutlich. Wenn auf den Polarmeeren die Nebel aus einer dünnen Schicht bestehen, die auf der Oberfläche des Meeres ruht und sich bis zu einer Höhe von 50 oder 60 Yards erstreckt, so bemerkt ein Beobachter auf dem Mars des Schiffes, 90 bis 100 Fuß über dem Meerespiegel, einen oder mehrere Kreise auf dem Nebel. Diese Kreise sind concentrisch und ihr Mittelpunkt liegt in der geraden Linie, die aus der Sonne durch das Auge des Beobachters nach der Nebelwand geht, der Sonne gerade entgegengesetzt. Die Anzahl der Kreise wechselt von einen bis zu vier oder fünf. Gewöhnlich sind sie dann am zahlreichsten und die Farben am glänzendsten, wenn die Sonne recht hell scheint und der Nebel recht dicht und niedrig ist. So bemerkte Scoresby am 23. Julius 1821 um seinen Kopf vier concentrische Kreise. Nr. 1. war weiß oder gelb, roth,

purpur; Nr. 2. blau, grün, gelb, roth, purpur; Nr. 3. grün, weißlich oder blaßgelb, roth, purpur; Nr. 4. grünlich, weiß und an den Rändern dunkler. Die Farben in Nr. 1. waren bisweilen sehr lebhaft und auch in Nr. 2., aber die von Nr. 3., die nur von Zeit zu Zeit erschienen, waren sehr schwach, und die in Nr. 4. waren bloß helle Schattirungen von grün. Es ergaben sich folgende Dimensionen. Halbmesser von Nr. 4.: innerer Rand $36^{\circ} 50'$, äußerer Rand 41° bis 42° ; Halbmesser von Nr. 3. etwa $6^{\circ} 30'$, von Nr. 2. etwa $4^{\circ} 45'$, und von Nr. 1. etwa $1\frac{1}{2}^{\circ}$. Dieser Kreis Nr. 4., welchem Scoresby einen Halbmesser von etwa 40° giebt, scheint selten zu seyn, wenigstens habe ich ihn in den Alpen nur einige Male bemerkt, vielleicht deshalb, weil häufig die Nebelmasse zu klein war, als daß sich derselbe noch in dem passenden Abstände hätte zeigen können. Dieser Abstand deutet übrigens darauf, daß er weiter nichts ist, als ein Regenbogen, welcher in einzelnen Tröpfchen gebildet wird, weshalb ich ihn hier ganz übergehe.

Bouguer glaubte, daß zur Entstehung der Gegensonne Eistheilchen erforderlich wären, welche auf das Licht so wirkten, daß dies Phänomen hervorgebracht würde, und dieser Ansicht stimmen Saussure und Scoresby bei. Aber Ramond machte darauf aufmerksam, daß er es in den Pyrenäen bei Temperaturen gesehen habe, welche die Existenz von Eistheilchen in der Atmosphäre unmöglich machten, und er fügt hinzu, daß man diese auch nicht bei einer Beobachtung voraussetzen dürfe, welche Omalius d'Halloy am 27. August 1807 in der Gegend von Spaa machte. Eben dieses bestätigen meine Erfahrungen in den Alpen, denn mehrmals hatte ich alsdann eine Temperatur von 10° in der Nähe des Nebels. Wir müssen also mit Fraunhofer das ganze Phänomen aus einer Beugung des reflectirten Lichtes ableiten, und für diese Ansicht sprechen auch diejenigen Erfahrungen, welche ich in solchen Nebelmassen machte, die zuerst zwischen mir und der Sonne standen und in denen ich einen lebhaften Lichtkranz sah, dann aber bei mir vorbeizogen, so daß ich die Gegensonne sah. Eben so wie bei Graßhalmen wird das auffallende Sonnenlicht von den Nebelbläschen, die in der Nähe des Kopfschattens stehen, stärker reflectirt, als von den entfernter stehenden, da wir zugleich von der hintern und

vordern Fläche Licht erhalten; so wird also die Helligkeit nach allen Seiten hin abnehmen. Wenn aber diese reflectirten Strahlen bei ihrem Wege zum Auge bei anderen Nebeltheilchen vorbeigehen, so werden sie ebenfalls gebeugt und es entstehen dadurch farbige Ringe.

S ö f e.

Das Phänomen der größeren Höfe oder der Höfe im engeren Sinne ist so complicirt, daß schon seine Beschreibung schwierig wird; nur wenige Beobachter haben es vollständig gesehen, und während der Dauer der Erscheinung ändert sich das Ansehen öfter. Ich will die Beschreibung besonders nach dem vollständigsten Phänomene geben, welches Lomitz am 29. Junius 1790 in Petersburg sah. Lange Zeit stand dasselbe in Betreff auf Vollständigkeit isolirt, jedoch wurden am 12. Mai 1824 von Hoff und Kries in Gotha, und am 27. März 1826 von Schult, Hansen und Segelke in Norwegen ähnliche Phänomene gesehen.

Bei einer mit Dünsten gleich einem Nebel erfüllten Atmosphäre zeigte sich die in Petersburg beobachtete Erscheinung von $7\frac{1}{2}$ Uhr bis $12\frac{1}{2}$ Uhr, jedoch nicht immer gleich vollständig. Die wesentlichen Theile derselben waren folgende (Taf. V. Fig. 3.). 1) Ein Ring von etwa 22° Halbmesser, welcher die Sonne zum Mittelpunkte hat. Er ist im Innern roth gefärbt, nach außen zeigt er ein in Weiß übergehendes Blau. Gewöhnlich ist dieses ein einziger Kreis; Lomitz sah statt dessen zwei sich oben und unten durchschneidende beide, und in Norwegen erschienen deren sogar drei. Nach Lepinus, welcher diese seitwärts liegenden Bögen für elliptische hält, kommen dieselben öfter vor.

2) Ein Kreis zzz, welcher die Sonne zum Mittelpunkte hat und ebenfalls farbig ist. In der Regel zeigt er reinere Farben als der erste, wobei ebenfalls das Roth nach innen gerichtet ist. Sein Durchmesser ist etwa das Doppelte von dem Durchmesser des vorigen.

3) Ein weißer farbener Horizontalkreis abzfghc, welcher durch die Sonne geht und den ganzen Himmel umgiebt.

4) Auf diesem Kreise standen in Petersburg fünf Nebensonnen. Zwei derselben, c und y, etwas außerhalb des kleinen Kreises; gewöhnlich erscheinen sie im Durchschnitte von diesem

mit dem Horizontalkreise; sie waren gefärbt und kehrten der Sonne ihre rothe Seite zu, und hatten lange glänzende Schweife, die sich nach $x\zeta$ und $y\eta$ auf dem Horizontalkreise fort erstreckten; die farbigen Bögen, xi und yk , welche Lomig von ihnen ausgehen sah, scheinen sonst nicht gesehen zu seyn.

5) Die dritte Nebensonne h stand auf dem Horizontalkreise der Sonne gegenüber; sie war blaß und weiß.

6) Die vierte und fünfte Nebensonne, f und g , waren ebenfalls weiß und haben sich auch bei allen vorhandenen Beobachtungen so gezeigt; sie sind zwar schon ein seltener Theil der Erscheinung, aber doch öfter gesehen worden; sie scheinen allemal da zu stehen, wo ein Kreis von etwa 90° Halbmesser, dessen Mittelpunkt die Sonne ist, jenen Horizontalkreis durchschneidet.

7) Oben am innern Ringe bei d war ein so lebhafter Glanz, daß das Auge ihn kaum zu ertragen vermochte. Hier, genau vertical oberhalb der Sonne, ist auch der gewöhnliche einfache Ring sehr oft viel glänzender, und man sieht hier zuweilen einen gegen die Sonne convergen Bogen, der alsdann dem Bogen entspricht, welchen

8) Lomig in ref am untersten Punkte jenes Ringes sah, und den er als sehr hell und breit, aber von kleinem Halbmesser als irgend ein anderer beschreibt.

9) Am oberen Punkte z des größern Ringes erschien der Bogen pzq , der gegen die Sonne converg war. Dieser Bogen wird meistens mit eben den schönen Farben gesehen als zzz , wenn auch dieser letztere Ring selbst fehlt, stets aber steht er dann vertical über der Sonne und zwar in derselben Entfernung, welche der Ring zzz zu haben pflegt.

10) Lomig sah ferner zwei Kreißbögen hla und hma , die durch die Nebensonne h gingen und die er als durch d , den obern Punkt des innern Ringes, gehend zeichnet. Sie waren weiß und so blaß, daß manche Personen sie nicht erkennen konnten. Lomig sagt, sie begegneten sich in der blendenden Helle bei d ; da aber Schult sie als durch die Sonne gehend zeichnet, so hält Brandes es für wahrscheinlich, daß sie sich auch hier würden in der Sonne begegnet haben, wofern das Auge sie hätte verfolgen können. So selten diese Kreise sind, so kommen doch

Spuren von ihnen auch bei andern Beobachtern vor, und man findet die Angabe, daß sie sich unter Winkeln von 60° durchkreuzen.

11) Endlich sah Lomig noch zwei den äußern Ring berührende Kreise tt , vv , deren Berührungspunkte etwa 60° von dem untern Punkte entfernt waren. Sie glichen an Breite und Farbenglanz dem Regenbogen. Auch sie kommen selten vor.

Höfe um die Sonne oder den Mond erscheinen weit häufiger als gewöhnlich geglaubt wird, und in öffentlichen Blättern findet man fast wöchentlich Nachrichten davon, obgleich sie hier nach unwissenden Berichterstattem häufig Regenbögen genannt werden. Wir werden später sehen, daß diese auf eine andere Art entstehen, als die Höfe, auch ist die Stelle am Himmel eine ganz andere, denn Höfe befinden sich im Allgemeinen zwischen der Sonne und dem Beobachter, letzterer steht zwischen der Sonne und dem Regenbogen, er sieht also letztern stets, wenn er der Sonne den Rücken zuwendet. Häufig aber sind nur kleine Stücke eines Hofes sichtbar, und diese haben nur eine geringe Lichtstärke, so daß man sie vermittelst des bloßen Auges nicht sehen kann. In diesem Falle bemerkt man sie vermittelst eines geschwärzten Glasspiegels.

Die Höfe um den Mond zeigen sich häufig dann, wenn die Sterne mit mehr oder weniger Glanz erscheinen; bei Tage hat der Himmel ein etwas mattes Ansehen und der Horizont ist weiß. Es ist also die Färbung des Himmels ähnlich derjenigen, welche wir öfter bei Lichtkränzen wahrnehmen. Ein wichtiger Unterschied zwischen der Bewölkung in beiden Fällen aber ist folgender: Lichtkränze gehören dem Cumulus, Höfe bilden sich im Cirrus, ja fast in jedem Cirrus sieht man bei gehöriger Aufmerksamkeit Spuren davon, und wenn auch die Meinungen mancher Beobachter davon etwas abweichen, so haben mich doch alle meine Erfahrungen von der Richtigkeit meiner Behauptung überzeugt.

Manche Schriftsteller erwähnen, daß sie bei den Höfen zugleich Lichtkränze um die Sonne oder den Mond gesehen hätten, aber meinen vielfachen Erfahrungen zufolge ist dieses nur selten der Fall, und selbst wenn es der Fall ist, zeigt eine Beachtung aller Umstände, daß die Höfe dann in Cumulis entstehen, welche in der Tiefe fortziehen und häufig eine so geringe Dichtigkeit

haben, daß man sie nur bei anhaltender Aufmerksamkeit sieht, so daß wir beide Phänomene schon aus diesem Grunde trennen müssen. Außerdem unterscheiden sich beide Erscheinungen dadurch, daß bei den Lichtkränzen das Roth einen größeren Abstand vom leuchtenden Körper hat, als das Blau, während bei den Höfen das Gegentheil Statt findet, und wir müssen daraus nothwendig folgern, daß die Höfe durch eine Brechung entstehen. Schon Mariotte nahm deshalb an, daß kleine Schneekristalle Ursache dieser Brechung wären, und alle spätere Erfahrungen haben dieser Ansicht einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit gegeben. Nicht bloß wird dieses dadurch bestätigt, daß die Dimensionen des Hofes genau so sind, als die Rechnung giebt, wenn wir von dieser Ansicht ausgehen, sondern man hat im Winter oft Gelegenheit, sich von der Richtigkeit dieser Behauptung zu überzeugen. Nicht selten nämlich sieht man, wie bei heiterm Wetter einzelne helle, prismatisch gefärbte Punkte in der Atmosphäre schweben, welche sich bei einer nähern Untersuchung als Schneekristalle erweisen, in denen die auffallenden Strahlen gebrochen werden. Untersucht man nun die Lage dieser hellen Punkte genauer, so findet man, daß sie von der Sonne nahe denselben Abstand haben, als die Höfe. Da ich jedoch alle mathematischen Untersuchungen aus dem Plane dieser Vorlesungen ausgeschlossen habe, so muß ich mich damit begnügen, die Resultate derselben anzugeben und verweise wegen der näheren Rechnungen auf mein Lehrbuch der Meteorologie.

Kreise, deren Mittelpunkt die Sonne ist.

Brandes, welchem wir eine der gründlichsten Untersuchungen über die Höfe verdanken, in welchen er die früher von Venturi und Fraunhofer angegebenen Ideen ausführlicher entwickelt, theilt die sämtlichen Kreise, die bei einem vollständigen Phänomene dieser Art gesehen werden, in drei Hauptklassen, nämlich 1) Kreise, deren Mittelpunkt die Sonne ist; 2) solche, welche durch die Sonne gehen; 3) Bögen, welche die Kreise der ersten Klasse berühren. Wir wollen hier zunächst die der ersten Klasse betrachten.

Wenn ein Lichtstrahl durch ein feststehendes Prisma geht und gebrochen wird, so schließen der einfallende und der ge-

brochene Strahl einen Winkel ein, welcher von dem Winkel und der Materie des Prisma's, zugleich aber von dem Winkel abhängt, unter welchem der Strahl auf das Prisma fällt. Bleibt das Prisma stets dasselbe, ändert sich aber der Einfallswinkel, dann wird die Neigung des einfallenden und gebrochenen Strahles zwar ebenfalls eine andere, indessen zeigt Rechnung und Erfahrung, daß eine Stellung des Prisma's vorkommt, in welcher der Einfallswinkel wachsen oder abnehmen kann, ohne daß dieses an der Lage des gebrochenen Strahles sehr auffallend wird. Man nehme ein Glasprisma und halte es gegen den einfallenden Sonnenstrahl in einer solchen Stellung, daß der gebrochene Strahl die größte Abweichung von dem einfallenden zeigt; man drehe jetzt langsam das Prisma um seine Axe, indem man entweder den Winkel genau mißt, oder sich ungefähr die Größe der Drehung genau merkt, die Richtung des gebrochenen Strahles entfernt sich immer mehr von der des einfallenden, und diese Aenderung erfolgt ziemlich schnell; bei fortgesetzter Drehung des Prisma's ändert der gebrochene Strahl seine Neigung gegen den einfallenden immer weniger und es kommt endlich eine Lage, wo man das Prisma um mehrere Grade drehen kann, ohne daß der gebrochene Strahl merklich seine Lage ändert. Bei dieser Stellung des Prisma's aber bilden der einfallende und gebrochene Strahl den kleinsten Winkel, welchen sie mit einander einschließen können. Dieses Minimum der Brechung wird uns bei diesen, so wie bei mehreren der folgenden Untersuchungen von Wichtigkeit werden, und ich kann es nicht genug empfehlen, daß derjenige, welcher ein Prisma besitzt, sich von der Wahrheit des Gesagten selbst überzeuge.

Man denke sich eine Reihe völlig gleicher Prismen dergestalt über einander gestellt, daß ihre Axen in einer geraden Linie liegen, daß aber etwa bei dem untersten der einfallende Strahl mit dem Einfallslothe zusammenfalle, bei dem zweiten damit einen Winkel von etwa 1° , beim dritten von 2° u. s. w. bilde, so sieht man auf einer dahinter stehenden weißen Fläche eine Reihe Spectra, deren horizontaler Abstand von unten nach oben immer größer wird, so daß er bei der untersten in der Nähe des Minimums noch kaum zu bemerken ist. Lagen die Axen dieser Prismen nicht in einer geraden Linie, sondern würden sie dergestalt

geneigt, daß alle Spectra auf eine einzige Horizontallinie fielen, so würden einige sich decken, es würden sich also die von demselben Punkte reflectirten Strahlen zu weiß ergänzen, also dort ein weißer Lichtstreif erscheinen. Nur in der Nähe des Minimums würde diese vollständige Deckung der verschiedenen Strahlen nicht mehr Statt finden, vielmehr würden hier gleichartige Farben verschiedener Spectra zusammenfallen, hier also ein sehr lebhaftes Spectrum entstehen, dessen rother Theil jedoch vorzugsweise auffallend ist, weil die rothe Farbe der äußersten Spectra weniger von einer fremdartigen Farbe getroffen wird, als das Blau, weil dahin doch das Roth einiger stärker gebrochenen Spectra fällt, also sich mit Blau zu Weiß vereinigt. In den Raum zwischen diesem letzten Roth und der Stelle, wohin das directe Sonnenlicht fällt, kommt gar kein anderes als zerstreutes Licht, und dieser Raum wird sich daher durch Dunkelheit auszeichnen.

Statt der einzigen Reihe von Prismen, welche wir bisher in der Verticale aufgestellt dachten, nehme man eine größere Anzahl ähnlicher Reihen an, welche verschiedene Neigungen gegen den Horizont haben, so wird man bei jeder dasselbe Phänomen sehen, nur daß der Raum, in welchem sich die einzelnen Spectra decken, nicht mehr horizontal, sondern je nach der Stellung der Prismen, geneigt ist. Wäre die Anzahl solcher Reihen in verschiedenen Neigungen sehr groß, so würde dadurch endlich ein vollständiger Lichtkreis entstehen, dessen rothe Farbe nach innen gerichtet ist, während das Blau matt ist und sich in ein helles Weiß verläuft; dieser Lichtkreis ist aber nur dadurch möglich, daß sich eine zahllose Menge von Farbenbildern neben einander befindet, welche rings um die Sonne liegen und sich zu einem zusammenhängenden Phänomene vereinigen, auf eine ähnliche Weise, als die Milchstraße und die Nebelflecke am Himmel aus einzelnen hellen Punkten zusammengesetzt werden. Von der Entstehung eines solchen Kreises, in dessen Centrum der leuchtende Punkt liegt, kann man sich durch folgenden einfachen Versuch überzeugen. Man nehme eine reine Platte Spiegelglas von etwa 1 oder 2 Zoll Größe und trage auf die eine Seite eine Lösung von Alaun in Wasser. Liegt die Platte horizontal und ist die Lösung gleichförmig aufgetragen, so entstehen bei der Verdun-

stung des Wassers eine Reihe Alaunkrystalle, deren Seitenflächen gegen die Glasplatte dieselbe Neigung haben. Betrachtet man durch diese Platte einen entfernten Lichtpunkt, so brechen die gleichartigen Seiten der Alaunkrystalle das einfallende Licht nach denselben Richtungen, und man sieht eine Zahl prismatisch gefärbter Punkte, welche deutlich in mehreren concentrischen Kreisen liegen, sich auch wohl, wenn die Zahl der Krystalle sehr groß ist, deutlich zu Kreisen oder doch zu größeren Bogensektoren vereinigen, was wahrscheinlich vollständig geschehen würde, wenn man mehrere solcher Platten hinter einander legte¹⁾.

Schweben in der Atmosphäre kleine Eiskrystalle, so brechen diese ebenfalls das Licht. Wie wir früher gesehen haben, so lassen sich die Schneefiguren häufig auf Prismen zurückführen, deren Flächen einen Winkel von 60 Grad bilden. Dreht sich ein solches Prisma in der Luft herum, so gehen von ihm unaufhörlich Lichtstrahlen fort, es wird uns in diesem Momente einen gebrochenen Sonnenstrahl schicken, welcher im nächsten Augenblicke verschwindet, indem er nach einer andern Richtung gebrochen wird. Unstreitig aber wird dieser Strahl dann die längste Zeit auf unser Auge fallen, wenn die Brechung das Minimum erreicht. Ist die Zahl solcher Prismen sehr groß, dann wird es unstreitig möglich werden, daß wir, bei fortdauernder Drehung derselben, das Licht von einem zweiten Prisma bekommen, wenn das vom ersten eben verschwindet, so daß der Eindruck auf unser Auge bleibend ist, während unaufhörlich Strahlen von andern Körpern in dasselbe fallen. An der Stelle des Minimums wird dann unstreitig rings um die Sonne oder den Mond ein heller Kreis erscheinen, dessen Roth nach innen gerichtet ist, während nach außen ein allmählig verwachsenes Blau und ein sich ins Himmelsblau verlierendes glänzendes Weiß erscheint. Da ferner viele Strahlen von den Prismen in der Nähe der Sonne nach diesem

1) Verdunstet das Wasser schnell, so werden die Krystalle kleiner, der Ring deutlicher. Am besten scheint mir der Versuch auf folgende Weise anzustellen. An dem einen Ende einer inwendig geschwärzten Papp- röhre von etwa 1 Fuß Länge und 1 Zoll Durchmesser befestige man einen Deckel mit einer kleinen Oeffnung (etwa von der Größe eines Nadel- knopfes), während sich am andern Ende die Glasplatte befindet, und betrachte dadurch eine glänzend weiße Wolke.

Farbenringe oder noch weiter abwärts gebrochen werden, so bekommen wir von diesem Raume nur das von den Lufttheilchen oder den Seiten der Prismen reflectirte Licht, und daher ist dieser Raum dunkler als der Raum außerhalb des Hofes.

Die Erfahrung bestätigt diese Betrachtungen vollkommen. Betrachtet man einen Hof aufmerksam, so zeichnet sich dieser innere Raum durch eine unbestimmte Dunkelheit aus, welche oft ein graues Ansehen hat und desto auffallender hervortritt, je schöner der Hof ausgebildet ist. Suchen wir ferner den Abstand auf, welchen die Mitte des Roth von dem Mittelpunkte der Sonne hat, so geben genaue Messungen eine Größe, welche zwischen $21^{\circ} 50'$ und 22° liegt. Berechnen wir diesen Abstand nach den anderweitig bekannten Brechungsgesetzen des Eises, so finden wir genau dieselbe Größe, und diese Rechnung zeigt zugleich, wie lebhaft das Licht an der Stelle des Minimums seyn müsse. Drehen wir nämlich ein gleichseitiges Prisma um seine Axe und lassen dabei den Einfallswinkel etwa von Grad zu Grad wachsen, so sind nur 120 Stellungen des Prisma's möglich, und unter diesen 20, also $\frac{1}{6}$ der ganzen Zahl so beschaffen, daß das Licht nach der Stelle des Minimums fällt oder doch nur Abweichungen von etwa $\frac{1}{3}^{\circ}$ zeigt.

Schwieriger schon wird die Erklärung des zweiten Ringes, welcher der Sonne ebenfalls die rothe Seite zuwendet und welcher von ihr einen Abstand von etwa 45° hat. Brandes glaubt, daß vielleicht eine Brechung in zwei hinter einander liegenden Prismen Statt fände; während Fraunhofer und Schmidt der Meinung sind, daß die sechsseitigen Eisprismen in sechsseitige Pyramiden auslaufen, deren Flächen unter 90° gegen einander geneigt sind, und daß der zweite Ring durch die Brechung in diesen Pyramiden entstehe. Stets aber wird die Lichtstärke dieses Kreises weit geringer seyn als die des ersten, und hierin muß wohl der Grund gesucht werden, daß er so selten sichtbar wird.

Noch seltener ist der dritte Kreis, von dem wir bis jetzt nur eine einzige vollständige Beobachtung von Hevel besitzen. Er hat von der Sonne einen Abstand von etwa 90° und es liegt bei ihm das Violett näher an der Sonne als das Roth, etwas, wodurch er sich von den beiden bisher betrachteten Kreisen unter-

scheidet. Hier fällt der Strahl dergestalt in das Prisma, daß er von der hintern Fläche vollständig reflectirt und nach der Reflexion im Prisma gebrochen wird, auf eine ähnliche Weise, als wir dieses später beim Regenbogen sehen werden.

Kreise, welche durch die Sonne gehen.

Der einfachste Fall, welcher hier Statt finden kann, ist derjenige, wo bei niedrigem Stande der Sonne ein Stück eines vertical stehenden Kreises über der Sonne in Gestalt einer Säule steht. Ein Phänomen dieser Art zeigte sich am 8. Junius 1824 in verschiedenen Gegenden von Deutschland. Lohrmann sah in Dohna (3 Stunden südöstlich von Dresden) auf einer beträchtlichen Anhöhe um 8 Uhr Abends, als eben die Sonne hinter den Bergen verschwunden war, senkrecht auf dem noch sichtbaren hellen Lichtkreise einen hellen kometenartigen Streifen, der wenigstens 30° hoch und $1''$ breit war; so wie es dunkler wurde, nahm sein Glanz immer mehr zu, die Erscheinung rundete sich dabei nach oben ab, wobei der Streifen sich sehr schnell verkürzte. Vor dem Streifen schwebten bis zu seinem Untergange leichte Nebelwölkchen, welche sich zuweilen veränderten und, wie ich glaube, wohl Cirri waren. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich am folgenden Morgen beim Aufgang der Sonne. Ähnliche Erscheinungen sind früher und später öfter wahrgenommen worden, und fast jährlich findet man in öffentlichen Blättern die Nachricht, daß sie sich gezeigt hätten.

Seltener ist das Phänomen so gesehen, daß sich zugleich ein Streifen unter der Sonne oder dem Monde zeigte; noch seltener erschien zugleich der sogleich zu betrachtende Horizontalkreis, so daß die Sonne in der Mitte eines Kreuzes zu stehen schien. Doch sind Erscheinungen dieser Art mehrfach bemerkt, am schönsten wohl von Roth in Cassel am 2. Januar 1586. Ehe die Sonne erschien, zeigte sich über der Stelle ihres Aufganges eine verticale Lichtsäule von der Breite des Sonnendurchmessers; sie schien eine glänzende Flamme zu seyn, nur hatte sie allenthalben einerlei Lichtstärke; darauf zeigte sich in ihr ein glänzendes Sonnenbild, so hell, daß man die wahre Sonne zu sehen glaubte. Raum war noch ein Zoll von diesem Bilde unter dem Horizonte, so zeigte sich in eben jener Säule die wahre Sonne, worauf unter

dieser ein neues Bild der Säule folgte. Diese Säule blieb mit ihren drei an einander hängenden Sonnen stets vertical; die drei Sonnen waren von derselben Gestalt, nur daß die mittlere die beiden andern an Glanz übertraf. Sie dauerten etwa eine Stunde, worauf eine Wolke das Ganze verdeckte.

In meinem Lehrbuche der Meteorologie hatte ich angenommen, daß kleine Schneeflöckchen so schweben könnten, daß sie sich zu parallelen Fäden vereinigten, und daß nun das Licht von diesen Fäden eben so gebeugt würde, als wenn wir eine fettige Spiegelglasplatte etwa mit der flachen Hand nach einer parallelen Richtung streichen, wodurch eine Reihe nahe paralleler Streifen entsteht, welche das hindurchgehende Licht so beugen, daß ein Lichtschweif senkrecht auf diesen Streifen steht. Es schien diese Ansicht besonders dadurch bestätigt zu werden, daß in allen Fällen, wo ich Spuren solcher Lichtsäulen gesehen hatte, horizontale Cirrusfasern in der Nähe der Sonne standen. Eine Erfahrung jedoch, welche ich am 23. Januar 1838 machte, zeigt die Unrichtigkeit dieser Ansicht und nöthigt uns mit Brandes das Ganze aus einer Reflexion von Schneekristallen herzuleiten. An diesem Tage nämlich sah ich mehrere Stunden über der Sonne eine verticale Lichtsäule von etwa 10 Grad Höhe; als die Sonne eine Höhe von 6° hatte (etwa 1° über den Gebäuden, welche mir den Horizont verdeckten), erschien auch unter der Sonne eine ähnliche Säule. Aber was das Merkwürdigste war, so setzte sich diese Säule von der Sonne bis zu meinem Auge über dem Boden fort *). Bei heiterer Luft und einer Temperatur, welche während der Dauer des Phänomens zwischen — 15°,7 (um 8 Uhr) und — 8°,2 R (um 12 Uhr) schwankte, schwebten sehr viele Schneetheilchen in der Luft in der Tiefe und es erschienen zwischen Sonne und mir eine große Menge leuchtender Punkte in einem Raume, dessen Breite etwas mehr als einen Sonnendurchmesser betrug. Diese hellen Punkte tauchten plötzlich auf, verschwanden wieder und

*) Für diejenigen, welche die Localität von Halle kennen, bemerke ich, daß ich in der Nähe des botanischen Gartens wohne. Südlich vor meiner Wohnung liegt der ehemalige Stadtgraben, jetzt in einen Garten verwandelt, dahinter liegt das Gebäude auf dem Jägerberge gegen Süden, dagegen niedrigere Gebäude gegen Südosten.

nur verhältnißmäßig wenige bewegten sich in Gestalt glänzender Lichtlinien mit dem schwach wehenden Westwinde durch die ganze Breite der Säule durch. Wäre die Zahl dieser Flocken größer gewesen, oder hätte ich einen weit höheren Standpunkt gehabt, um nach der Tiefe eine größere Menge solcher Punkte zu sehen, so würde ich wahrscheinlich eine zusammenhängende Lichtmasse, aber darin keine Bewegung der einzelnen Punkte gesehen haben. Alle diese Lichtlinien waren weiß, nur selten geschah es, daß ich momentan gefärbte Punkte sah. Die kleinste Entfernung der bligenden Punkte war gewiß weniger als 1 Fuß, denn vor dem Fenster, wo ich stand, waren auf einem Balkon schwarz gefärbte Stäbe in einer Entfernung von etwa 3 Fuß errichtet und häufig zogen vor diesen solche Lichtpunkte vorbei. Ziemlich deutlich dauerte die Erscheinung bis gegen Mittag, doch noch mehrere Stunden später zeigten sich vertical unter der Sonne viele einzelne Lichtpunkte. Auf keinen Fall findet hier Beugung des Lichtes Statt, vielmehr ist das Ganze Folge der Reflexion. So oft ich auch einzelne Schneeflocken auffing, so fand ich doch stets kleine sechsseitige Scheiben, von denen die größten etwa die Größe eines Nadelkopfes, eine sehr geringe Dicke und ungemein glänzende Oberfläche hatten. Viele Kristalle zogen in meiner Nähe vorbei, ohne daß ich sie bligen sah; offenbar weil ihre Flächen nicht die passende Lage hatten. — Von dem ersten die Sonne umgebenden Kreise von 22° Halbmesser zeigte sich bald nach dem Aufgange der Sonne auf kurze Zeit ein Stück auf der Ostseite, und dann erschienen auch gefärbte Punkte zwischen mir und terrestrischen Gegenständen in der passenden Gegend, vielleicht daß zugleich Prismen in der Atmosphäre schwebten, was ich indessen nicht weiter untersucht habe.

Außer diesem verticalen Kreise bemerkt man zuweilen auch einen horizontalen. Nicht selten geht dieser durch die Sonne hindurch in derselben Höhe, als diese um den ganzen Himmel; zuweilen scheint er jedoch von der horizontalen Lage etwas abzuweichen. Auch dieser Kreis entsteht wahrscheinlich durch die Reflexion von Schneekristallen, deren spiegelnde Flächen fast vertical stehen, wie dieses bereits Huggens vermuthet hatte, während Fraunhofer und Schmidt wohl weniger naturgemäß das Phänomen aus der Lichtbeugung ableiten.

Auf eine ähnliche Weise leitet Brandes die durch die Sonne gehenden Kreise h1a und h2a her, indem er glaubt, daß Eisprismen, welche mit der Verticale einen Winkel von 60° bilden, durch Reflexion diese Kreise erzeugen.

Nebensonnen.

Sie zeigen sich stets in der Gegend, wo sich zwei Kreise durchschneiden, wo mithin zwei Ursachen zur Erzeugung einer größern Helligkeit wirksam sind. Am häufigsten erscheinen sie da, wo sich der innere Ring und der Horizontalkreis durchschneiden, und sie sind selbst dann noch sichtbar, wenn man von beiden Kreisen kaum eine Spur zu bemerken im Stande ist. Sie haben ganz die Farben des innern Ringes, nur sind sie meistens nach außen mit einem langen glänzenden Schweife versehen, welcher mit der Richtung des Horizontalkreises zusammenfällt. Genauere Messungen zeigen indessen, daß die Nebensonnen nicht genau mit dem Durchschnitte der beiden Kreise zusammenfallen, sondern etwas weiter von der Sonne entfernt sind, wovon Venturi den Grund in dem Umstande sucht, daß die Brechung in den vertical schwebenden Prismen nicht genau in einer gegen die Rand senkrechten Ebene erfolgt; und wenn man diese Ansicht weiter verfolgt, so zeigt die Rechnung, daß die Nebensonne sich desto weiter von der wahren Sonne entfernen müsse, je höher letztere steigt, was nicht bloß im Allgemeinen durch die Erfahrung bestätigt wird, sondern es zeigen sich zwischen den beobachteten und berechneten Werthen so geringe Abweichungen, daß wir diese Ansicht als richtig ansehen müssen.

Berührungskreise.

Diese leitet Brandes aus horizontal schwebenden Eisprismen her, es wird indessen schwierig, das Phänomen ohne Rechnungen auch nur in seinem allgemeinsten Verhalten zu übersehen, weshalb ich eine nähere Betrachtung übergehe.

Witterung zur Zeit von Höfen.

Obgleich im gemeinen Leben und auch in wissenschaftlichen Werken die Lichtkränze und Höfe nicht gehörig unterschieden werden, man also auch nicht weiß, welches dieser beiden Phänomene

mit einer gewissen Witterungsdisposition verbunden sey, so scheinen doch die meisten der bekannten Erfahrungen sich auf die eigentlichen Höfe zu beziehen. Man pflegt nämlich zu sagen, daß ein Hof ein Vorbote von baldigem Regen sey. Wenn um den Mond besonders, wo das Phänomen weit mehr auffällt als bei der Sonne, ein Lichtkranz gesehen wird, so soll der Regen nicht mehr fern seyn. Da indessen diese Bildung so häufig ist, daß man sie täglich bei Anwesenheit von Wolken sehen kann, so verliert sie jeden Werth und jede Bedeutung. Nur dann, wenn der Durchmesser des Lichtkranzes sich in kurzer Zeit verkleinert, die Größe der Nebelbläschen also schnell wächst, ist Regen eher zu erwarten.

Ganz anders ist es mit den eigentlichen Höfen. Sie deuten stets auf ein Vorhandenseyn von Cirris, und da sie sich gewöhnlich bei sinkendem Barometer zeigen, so folgen gewöhnlich bald Niederschläge. Besonders ist dieses im Sommer der Fall, und nicht selten habe ich schöne Höfe beobachtet, wenn in der Nähe oder Ferne heftige Gewitter- und Hagelstürme großen Schaden angerichtet hatten.

Noch bliebe hier die Frage zu beantworten, weshalb die Höfe so selten vollständig erscheinen, weshalb man vielmehr bald die der Sonne concentrischen Ringe, bald die durch sie hindurchgehenden Kreise sieht. Können wir in der Nähe die Schneekristalle untersuchen, welche durch Brechung oder Reflexion das Licht modificiren, so wäre es leicht die Frage zu beantworten. Mir scheint es wahrscheinlich, daß die Ungleichheit in der Gestalt derselben zu verschiedenen Zeiten Ursache dieser Verschiedenheit ist. Schweben nämlich vorzugsweise Prismen in der Luft, so entsteht durch Brechung ein Lichtkranz; sind dagegen schweifsförmige Körper vorhanden, so entsteht durch Reflexion ein durch die Sonne gehender Kreis; nur dann, wenn beide Arten gleichzeitig in derselben oder vielleicht in zwei unter einander befindlichen Schichten vorhanden sind, werden beide Phänomene sichtbar werden. Stets aber wird diese Combination selten seyn, da gewöhnlich nur Krystalle derselben Art in der Atmosphäre zu schweben scheinen.

Regenbogen.

Wenn die Sonne auf Regentropfen scheint, so sieht man auf der ihr gegenüber stehenden Seite des Himmels einen oder zwei prismatisch gefärbte Kreisbögen, welche Regenbögen heißen. Sind beide Bögen vollständig, so sind sie concentrisch, und genaue Messungen zeigen, daß ihr Mittelpunkt da liegt, wohin der Schatten des Kopfes fallen würde. Der innere, tiefer stehende Bogen, welcher häufiger erscheint und lebhaftere Farben hat, als der andere, heißt Hauptregenbogen, der äußere Nebenregenbogen. Bei dem Hauptregenbogen liegen die prismatischen Farben dergestalt, daß das Violett den innern, das Roth den äußern Raum einnimmt, so also, daß der Halbmesser des rothen Kreises größer ist, als der des violetten. Zuweilen zeigt sich am innern Rande dieses Bogens noch eine mehrfache Wiederholung der Farben zu schmalen Säumen, wobei besonders Roth und Grün auffallend sind. Bei dem Nebenregenbogen liegen die Farben in umgekehrter Ordnung, so daß der Halbmesser des rothen Kreises am kleinsten, der des violetten am größten ist.

Zur Entstehung des Regenbogens ist erforderlich, daß die Sonnenstrahlen auf Regentropfen fallen; der Hintergrund ist dabei völlig gleichgültig. Nicht bloß kann der Regenbogen sich scheinbar auf Wolken abbilden, sondern auch auf terrestrischen Gegenständen. Ich habe mehrmals zur Zeit von Regenschauern Bogen auf reinem Himmel gesehen, ohne daß die Tropfen zur Erde gelangten, indem sie während ihres Herabfallens verdunsteten. Soll aber der Bogen in großer Reinheit erscheinen, so muß das auf die Tropfen fallende Licht eine große Intensität haben, und daher ist es vorzugsweise die Sonne, welche zur Entstehung von schönen Bögen Veranlassung giebt. Beim Mondscheine zeigt sich meistens nur ein weißer oder gelblicher Bogen, und selten sind die prismatischen Farben vorhanden.

Wie wollen nunmehr den Weg des Lichtstrahles in einem Wassertropfen verfolgen, und annehmen, letzterer habe genau die Gestalt einer Kugel. Es sey MNO (Taf. V. Fig. 5.) der Durchschnitt derselben und das Brechungsverhältniß für die ein-

zelnen Strahlen sey genau bekannt; es sey C der Mittelpunkt der Kugel und LM ein von der Sonne kommender Strahl. Fällt derselbe bei M auf die Kugel, so wird der ins Innere tretende Theil von ihm nach MN gebrochen. Dieser getroffene Antheil trifft bei N die Oberfläche der Kugel, ein Theil von ihm geht hindurch, während ein anderer Theil nach NO reflectirt wird; hier wird er ebenfalls theils im Innern der Kugel reflectirt, theils nach OP gebrochen, so daß ein in P befindliches Auge ein Bild des leuchtenden Punktes sieht.

So erleidet also ein jeder Strahl, welcher ins Innere des Wassertropfens fällt, mehrere partielle Reflexionen und Brechungen, und in der Verlängerung eines jeden dieser gebrochenen Strahlen sieht man die Sonne; da ferner der Winkel, welchen der auffallende Strahl mit der Oberfläche der Kugel bildet, von 0 (wo er eben neben der Kugel fortstreift) bis zu 90° (wo er durch den Mittelpunkt geht) wächst, so folgt daraus, daß aus diesem Tropfen nach allen Seiten Strahlen ausgehen müssen und daß wir mithin fast an jedem Punkte rings um diesen Tropfen ein Sonnenbild von ihm erhalten könnten. Soll aber eine Gegend durch Farbe und Helligkeit ausgezeichnet seyn, so müssen die ausfahrenden Strahlen parallel werden, weil dann die von mehreren Tropfen kommenden Bilder so neben einander liegen, daß die Gegend derselben sich durch Helligkeit auszeichnet.

Werden vermittelt der Mathematik die Bedingungen aufgesucht, unter denen dieses geschieht, so findet man zwar im Allgemeinen ebenfalls eine größere Zahl von Richtungen, in denen ein helles Bild sich zeigen könne, vorzugsweise aber sind es zwei, in denen die Helligkeit hinreichend groß ist, und diese beiden Lagen sind es auch, welche zur Entstehung des Nebenbogens Veranlassung geben.

Es mögen die Sonne S (Taf. V. Fig. 6.), der Tropfen und das Auge O in einer Ebene liegen, dann erhält das Auge nur solche Strahlen, welche in dieser durch den Mittelpunkt der Kugel gezogenen Ebene liegen. Der Strahl SA wird im Innern nach AB gebrochen, hier theilweise nach BC reflectirt und hier nach dem Auge in der Richtung CO gebrochen. Soll aber aus allen in der Richtung CO liegenden Tropfen eine Reihe paralleler Strahlen kommen, so zeigt die Rechnung, daß dazu

Die beiden Linien SA und CO einen bestimmten Winkel einschließen müssen, der aber wegen der verschiedenen Brechbarkeit für die ungleich gefärbten Strahlen ein anderer ist. Sehen wir CO als rothen Strahl an, so beträgt dieser Winkel $42^{\circ} 23'$, für die violetten Strahlen dagegen $40^{\circ} 29'$, so daß die Breite des Bogens $1^{\circ} 54'$ beträgt, wobei das Roth die äußere Seite des Bogens bildet.

Auch noch dann, wenn Strahlen eine doppelte Reflexion im Innern erlitten haben, ist die Entstehung eines hellen Sonnenbildes möglich. (Es sey SA (Taf. V. Fig. 6.) der auf einen Tropfen fallende Sonnenstrahl, so wird dieser zuerst nach AB gebrochen, in B nach BC reflectirt, in C erleidet er auf Neue eine Reflexion und in D wird er theilweise nach DO gebrochen. Die Rechnung giebt in diesem Falle dem Winkel, welchen die vor der Sonne durch das Auge und die von diesem nach dem Regenbogen gezogenen Linien einschließen, für rothe Strahlen den Werth von $50^{\circ} 21'$ und für violette Strahlen den Werth von $53^{\circ} 46'$, so daß die Breite dieses Bogens $3^{\circ} 25'$ beträgt.

So entsteht also ein Bild durch eine einmalige, ein anderes durch eine doppelte Reflexion im Innern des Tropfens; ersteres entspricht dem Hauptregenbogen, letzteres dem Nebenregenbogen. Es kann aber auch noch durch eine dreifache Reflexion ein Bild entstehen, welches in größerer Nähe der Sonne liegt, indem sein Abstand von derselben zwischen $42^{\circ} 30'$ und $37^{\circ} 41'$ beträgt; nahe eben dahin fällt auch ein durch vierfache Reflexion erzeugtes Bild, dessen Abstand zwischen $42^{\circ} 44'$ und $48^{\circ} 53'$ beträgt; doch ist die Lichtstärke bei beiden unbedeutend, auch sind sie nur sehr selten gesehen worden.

Bisher haben wir nur einen einzigen Tropfen betrachtet; da letzterer schnell herabfällt, so dauert das von ihm erzeugte Bild nur einen Moment; fällt unmittelbar darauf in derselben Richtung eine größere Zahl von Tropfen hinter einander, so erzeugt jeder von ihnen ein Bild an derselben Stelle und der Eindruck ist nun bleibend. Haben wir es mit einer ganzen Regenwand zu thun, dann vereinigen sich alle diese Bilder zu einem Kreisbogen.

Wir wollen uns einen Moment vorstellen, der Beobachter könne sich über die Wolke erheben und es befände sich in seinem

Rücken die Sonne, der von seinem Kopfe gebildete Schatten erscheine ganz deutlich auf dieser Wolke. Legt er nun durch die Sonne und seinen Kopf eine Ebene, so bemerkt er deutlich ein rothes Sonnenbild in einem Tropfen, der so liegt, daß die von ihm zum Auge gezogene Linie einen Winkel von $42^{\circ} 23'$ mit der Linie bildet, welche vom Kopfe zum Schatten des letztern gezogen wird. Aber da wir diese Ebene nach irgend einer willkürlichen Richtung legen können, und da stets in dem passenden Abstände das Sonnenbild erscheint, so müssen wir einen rothen Kreis sehen, dessen Mittelpunkt in der von der Sonne durch das Auge gezogenen Linie liegt und dessen scheinbarer Halbmesser $42^{\circ} 23'$ beträgt. Diese rothen Strahlen bilden also einen Kreis, dessen Auge durch Auge und Sonne geht, dessen Seiten aber mit der Erde den Winkel von $42^{\circ} 23'$ bilden. Eben solchen Kreis bilden die violetten Strahlen, der Winkel beträgt hier aber nur $40^{\circ} 29'$. Einen eben solchen Kreis bilden die Strahlen des Nebenregenbogens.

Eben dieser Kreis muß auch gebildet werden, wenn der Beobachter sich auf der Oberfläche der Erde befindet. Steht er auf der Spitze eines Berges, während in der Tiefe der Regen herabfällt, dann sieht er fast einen vollständigen Kreis, und hieher gehört zugleich der große Bogen, welcher früher bei Beschreibung der Gegen Sonne erwähnt wurde; eben dieses gilt von den Bögen, welche man unter günstigen Umständen in Thautropfen sieht. Auf Ebenen dagegen sieht man selten bei Regengüssen eine Annäherung an den Halbkreis, wenn die Sonne einen hohen Stand hat. Fallen nämlich die Tropfen aus der Wolke herab und bildet letztere eine dunkle Wand, so erscheint meistens nur das Stück des Bogens, in dessen Hintergrunde die Wolke steht; häufig aber bemerkt man bei hinreichender Aufmerksamkeit noch Andeutungen dieses Bogens bis in die Nähe des Beobachters, wofern hier die Sonne scheint, doch meistens sind dieses nur einzelne Punkte.

bleiben wir also dabei stehen, daß der Regenbogen nur dann sich zeige, wenn sich im Hintergrunde Wolken befinden, so ergibt sich daraus nicht bloß, wie groß der Bogen sey, sondern auch, unter welchen Umständen kein Bogen erscheint. Stünde die Sonne genau im Horizonte, so würde der Schatten des

Kopfes eben dahin fallen, und da also die Ape des Lichtkegels horizontal ist, so sehen wir einen vollständigen Halbkreis, dessen scheinbarer Halbmesser etwa 41° beträgt. So wie die Sonne höher steigt, sinkt die Ape des Kegels, der Bogen sinkt tiefer und wird kleiner. Hat die Sonne endlich eine Höhe von 41° erreicht, so bildet die Ape des Kegels eben diesen Winkel mit dem Horizonte und letzterer wird von dem Bogen eben berührt. Bei noch höherem Stande der Sonne würde dieser Bogen die Erde im Hintergrunde haben, und da man hier das Phänomen selten beobachtet, so erscheint es auch nicht, oder ist doch nur matt. Der Nebenregenbogen verschwindet dann, wenn die Sonne eine Höhe von 52° hat, und daher erscheint bei uns im Sommer um die Mittagszeit kein Regenbogen.

Wenn das Sonnenbild von der Oberfläche ruhig stehenden Wassers auf eine Regenwolke reflectirt wird, so kann dieses reflectirte Bild ebenfalls einen Regenbogen erzeugen. Da hier zwei Sonnen, von denen die eine eben so tief unter dem Horizonte liegt, als die andere sich darüber befindet, ihre Strahlen auf die Sonne werfen, so werden sich beide Bögen dergestalt zeigen, daß jedesmal der Winkel zwischen dem einfallenden und gebrochenen Strahle 41° beträgt; beide Bögen durchschneiden sich daher; wie dieses aber geschieht, hängt von der Höhe der Sonne ab. Zuweilen erscheinen auf diese Art vier Bögen, indem sowohl die Sonne als ihr reflectirtes Bild den Nebenregenbogen erzeugt.

Ich will hier noch einiger Thatfachen gedenken, welche man zwar nicht immer, aber doch sehr häufig wahrnimmt. Wenn ein Regenbogen mit recht lebhaften Farben auf einer dunkeln Wolke erscheint, so ist der Himmel über dem ersten Bogen weit dunkler als unter demselben, was man besonders bei etwas niedrigerem Stande der Sonne bemerkt; es zeigt sich also das Gegentheil desjenigen Phänomens, welches wir früher bei den Höfen kennen lernten, bei denen der innere Raum dunkler ist, als der äußere. Verfolgen wir nämlich den Weg des Lichtstrahles in dem sphärischen Regentropfen, so zeigt eine Berechnung desselben, daß wir von denjenigen Tropfen, welche höher liegen als diejenigen, welche den Bogen bilden, fast gar keine von der Hinterfläche reflectirten Strahlen erhalten, während die tieferliegenden Tropfen uns auch von der Hinterfläche Strahlen zuschicken, und

obgleich letztere mehr oder minder divergiren, so tragen sie doch zur Erzeugung einer unbestimmten Helligkeit unter dem Bogen bei.

Secundäre Bögen.

Eine merkwürdige Anomalie bilden die secundären Bögen. Bei dem Hauptregenbogen erscheint nämlich die violette Farbe im Innern, die rothe auf der äußern Seite. Sehr häufig jedoch sieht man anomale Wiederholungen dieser Farben innerhalb des violetten Bogens, welche secundäre Bögen heißen. Es schließt sich nämlich an den violetten Bogen häufig noch ein zweiter grünlischer und ein zweiter violetter, daran ein dritter grünlischer und ein dritter violetter an. In der Regel sind es nur diese beiden Farben, welche mit Lebhaftigkeit hervortreten, jedoch habe ich mehrmals auch ein lebhaftes Roth wahrgenommen. Mehrere Beobachter haben indessen eine mehr oder weniger vollständige Wiederholung der sämtlichen Farben beschrieben. So sah Langwirth einen gewöhnlichen Regenbogen, an welchem das Violett stark geröthet war; darunter war ein grüner Bogen, dessen oberer Theil sich in helles Gelb zog, während der untere dunkler grün war; unter diesen ein purpurfarbener Bogen, der verschiedene Male verschwand und wiederkam, so schnell, daß man die Augen nicht darauf gerichtet lassen konnte. Die Folge der Farben war außer dem gewöhnlichen Bogen: Hellgrün, Dunkelgrün, Purpur; Grün, Purpur; Grün, schwach verschwindend Purpur. Wir haben also hier vier Reihen von Farben und vielleicht den Anfang einer fünften, da das lebhafte Purpurroth wohl durch eine Mischung der rothen und violetten Strahlen hervorgebracht wurde. Langwirth fügt die von vielen Beobachtern bestätigte Thatfache hinzu, er habe diese Farbenreihen nie in den niedrigeren Theilen des Regenbogens beobachtet, obgleich hier die Farben des gewöhnlichen Bogens viel lebhafter waren, als in den höheren Theilen, unter denen sich die Farben zeigten. Seltener ist diese Wiederholung der Farben an dem Nebenregenbogen beobachtet, jedoch sah namentlich Brewster auf der Außenseite desselben einen rothen und über demselben einen schwachen grünen Bogen.

Es hält sehr schwer, eine genügende Erklärung dieser secundären Bögen zu geben. Pemberton glaubte, daß sie ein ähnliches Interferenzphänomen wären, als die Lichtfränge um

Sonne oder Mond; fielen nämlich neben den großen Tropfen gleichzeitig eine Menge kleinerer und gingen dann neben diesen die Strahlen des gewöhnlichen Regenbogens vorbei, so würden sie auf eine ähnliche Weise gebeugt, als die direct von der Sonne kommenden Strahlen. Aber wofern diese Ansicht richtig seyn sollte, so müßten die kleinen Tropfen alle dieselbe Größe haben, eine Voraussetzung, welche eine geringe Wahrscheinlichkeit hat; sodann folgt aus dieser Hypothese, daß die secundären Bögen nicht bloß an dem obern Theile des Bogens, sondern auch an den den Horizont durchschneidenden Schenkeln entstehen müßten, was jedoch nicht durch die Erfahrung bestätigt wird. Wahrscheinlicher scheint die Ansicht von Venturi, daß einige Tropfen während des Falles an ihrem untern Theile etwas abgeplattet werden, die kugelförmigen Tropfen erzeugen dann den regelmäßigen Bogen, die abgeplatteten dagegen den secundären Bogen; haben die Tropfen sehr ungleiche Dimensionen, so sind wahrscheinlich auch die Grade der Abplattung ungleich, und so kann eine mehrfache Wiederholung der Farben entstehen.

Achter Abschnitt.

Von den Polarlichtern.

Die Phänomene, welche wir bisher betrachtet haben, gehörten recht eigentlich in das Gebiet der Meteorologie; entweder waren es Veränderungen in der Atmosphäre selbst, oder es waren Erscheinungen, deren Grund in der letztern lag. Wir wollen nunmehr in den folgenden Abschnitten kürzlich einige Phänomene betrachten, die wir zwar ebenfalls durch die Atmosphäre hindurch wahrnehmen, von denen sich aber nicht mit Bestimmtheit sagen läßt, ob sie rein atmosphärische Erscheinungen seyen. Dasjenige Phänomen, mit welchem wir uns zunächst beschäftigen wollen, ist eine Aeufßerung der magnetischen Kraft der Erde, und wenn es gleich wahrscheinlich ist, daß die Vertheilung des Magnetismus im innigen Zusammenhange steht mit der Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche, so wird dadurch doch nicht die rein meteorologische Natur desselben erwiesen, vielmehr scheint dieser Zusammenhang nur darauf zu deuten, daß die magnetische Kraft durch die Wärme abgeändert werde. Ich will hier indessen vorzugsweise nur ein Phänomen betrachten, welches mit dem Magnetismus der Erde zusammenhängt, nämlich die Polarlichter; um jedoch diesen Zusammenhang deutlicher zu übersehen, scheint es mir zweckmäßig, an einige Erfahrungen über den Erdmagnetismus zu erinnern.

Richtung der Magnetnadel.

Hängen wir einen magnetisirten Stahlstab in seiner Mitte etwa an einem Coconfaden auf, so daß er sich in der Horizontale frei bewegen kann, so macht er eine Reihe von Schwingungen, welche immer kleiner werden, bis er endlich eine bestimmte Lage annimmt, in welche er jedesmal zurückkehrt, wenn wir ihn aus derselben entfernen. Eben dieses geschieht, wenn wir den Stab in der Mitte durchbohren und hier ein sogenanntes Hütchen anbringen, vermittelst dessen der Stab auf einer feinen Spitze schwebt. Ein solcher Magnetstab heißt Magnetnadel; die Verticalebene, in welcher die Nadel stehen bleibt, fällt in unseren Gegenden sehr nahe mit dem Meridiane zusammen; noch mehr war dieses vor mehreren Jahrhunderten der Fall, wo diese Thatsache entdeckt wurde, man glaubte damals, die Nadel stelle sich jedesmal so, daß ihr eines Ende gegen den Polarstern, das andere aber gegen die Sonne zur Mittagzeit gerichtet wäre. Deshalb nennt man noch jetzt die Verticalebene, in welcher sich die Magnetnadel aufstellt, den magnetischen Meridian. Dieser macht jedoch gegenwärtig in unseren Gegenden einen Winkel von etwa 18 Graden mit dem wahren Meridiane, und diese heißt die magnetische Abweichung, Declination, und zwar wird letztere westlich oder östlich, je nachdem das nach Norden gerichtete Ende der Nadel (ihr Nordpol) sich westlich oder östlich von dem astronomischen Meridiane befindet. Die Größe der Abweichung wird dadurch bestimmt, daß man den Winkel zwischen dem astronomischen und magnetischen Meridiane in der gewöhnlichen Gradtheilung ausdrückt.

Die Nadel, vermittelst welcher der magnetische Meridian aufgefunden wurde, war ihrer Natur nach so eingerichtet, daß sie sich nur in der Horizontale bewegen konnte; wäre es uns jedoch möglich, eine Nadel genau in ihrem Schwerpunkte dergestalt aufzuhängen, daß sie sich nach allen Richtungen drehen könnte, ohne daß die Schwere auf sie einwirkte, so würde sie zwar in der angegebenen Verticalebene zur Ruhe kommen, aber keinesweges horizontal stehen bleiben, vielmehr würde ihr Nordpol sich in unseren Gegenden nach unten richten. Um diese Thatsache zu beobachten, verfertigte der Engländer Norman eine

Nadel dergestalt, daß er sie in ihrer Mitte durchbohrte und durch dieses Loch eine feine Aze steckte, welche genau mit dem Schwerpunkte zusammenfiel; diese Aze wurde dann auf Zapfen gelegt, so daß die Nadel sich nur in der Verticalebene bewegen konnte. blieb die Nadel in jeder Stellung horizontal, ein Beweis, daß Schwerpunkt und Drehungsaxe zusammenfielen, so wurde sie magnetisirt und so aufgestellt, daß sie in der Ebene des magnetischen Meridianes oscillirte. Sogleich senkte sich der Nordpol nach unten und bildete in unseren Gegenden mit dem Horizonte einen Winkel von etwa 70°. Dieser Winkel heißt magnetische Neigung, Inclination. Ein einfacher Versuch lehrt, daß diese Stellung wirklich vom Magnetismus der Erde herrührt. Ist nämlich die Nadel in der angegebenen Lage zur Ruhe gekommen, so berühre man ihren Nordpol mit dem Nordpole eines kräftigen Magneten und lehre dadurch ihre Polarität um; so gleich wird dasjenige Ende, welches vorher Südpol und nach oben gerichtet war, sich mit Schnelligkeit nach unten drehen, und ebenfalls eine Neigung von 70° angeben. Wir müssen hieraus folgern, daß die Erde selbst Magnetismus besitze und daß dieser in unseren Gegenden dergestalt wirke, daß eine frei schwebende Magnetnadel sich in der Ebene des magnetischen Meridianes so aufstellt, daß ihr Nordpol nach unten gerichtet ist. Eben so wie ein Pendel nur in der Linie zur Ruhe kommt, nach welcher die Schwere wirkt, müssen wir auch in diesem Falle annehmen, daß die Neigung die Richtung angiebt, nach welcher die Wirkung aller magnetischen Kräfte der Erde am Beobachtungsorte gerichtet ist.

Magnetismus der Erde.

Wo wir auch auf der Oberfläche oder im Innern der Erdrinde Beobachtungen anstellen mögen: stets finden wir, daß die Magnetnadel eine bestimmte Lage annimmt. Diese Stellung bleibt aber in verschiedenen Gegenden der Erde sehr ungleich. Bleiben wir zunächst bei der Abweichung stehen, und gehen von unseren Gegenden genau nach Osten, so finden wir, daß sie etwas zunimmt und etwa im atlantischen Meere ihren größten Werth erreicht. Von hier aus nimmt die westliche Declination ab, und im östlichen Theile der Vereinigten Staaten zeigt die Magnetnadel genau

nach Norden; weiter westlich dagegen zeigt sich wieder Abweichung, doch wird diese nun östlich. Wären wir dagegen von Deutschland aus nach Osten gegangen, so hätte die westliche Abweichung abgenommen und im östlichen Rußland wäre sie verschwunden, worauf wir später östliche Abweichung gefunden hätten.

Ueberhaupt wenn wir in irgend einer Breite auf demselben Parallellkreise rings um die Erde gehen, so finden wir eine Gegend, in welcher die Nadel nach Norden zeigt, darauf folgt westliche Abweichung, welche später ihren größten Werth erreicht, kleiner wird und endlich verschwindet; geht man über diese Gegend hinaus, so zeigt sich östliche Abweichung, welche nach Erreichung ihres größten Werthes wieder kleiner wird und verschwindet. Auf diese Weise zeigt sich ein mehrfacher Wechsel in der Declination. Nehmen wir aber diese Messung zunächst am Aequator vor und wiederholen sie etwa von 5 zu 5 Breitengraden, so finden wir, daß der Unterschied zwischen den größten westlichen und östlichen Declinationen mit der Annäherung an die Pole wächst; so wird z. B. bei Grönland die westliche Abweichung so bedeutend, daß die Nadel genau nach Westen zeigt, ja in den von Parry besuchten Gegenden westlich von Grönland traf er einen Punkt, wo der Nordpol der Nadel genau nach Süden gerichtet war.

Ähnliche Aenderungen zeigt auch die Neigung. In unseren Gegenden ist sie nördlich, indem der Nordpol nach unten gerichtet ist und etwa 70° unter dem Horizonte liegt. Gehen wir mit demselben Instrumente nach Süden, so nimmt die Neigung ab, die Nadel nähert sich der Horizontalität und in der Nähe des Aequators steht sie horizontal, es ist hier also keine Neigung vorhanden. Bei dem Uebergange in die südliche Halbkugel senkt sich der Südpol nach unten, die Neigung wird südlich, und zwar desto mehr, je näher wir dem Südpole der Erde kommen. Wären wir dagegen von unseren Gegenden nach Norden gegangen, so wäre die nördliche Neigung immer größer geworden. So hat also die eine Halbkugel der Erde nördliche, die andere südliche Neigung, beide werden durch eine Linie geschieden, in welcher die Nadel horizontal steht. Wir wollen diese Linie, welche sich in der Nähe des Erdäquators befindet, sich jedoch bald in die

nördliche, bald in die südliche Halbkugel hebt, den magnetischen Aequator nennen.

Magnetpole.

In einem Stahlmagneten zieht ein jeder Punkt das Eisen an, aber wir können uns vorstellen, daß die Wirkungen aller einzelnen Elemente in einem einzigen Punkte vereinigt wären, auf eine ähnliche Weise, als man bei Betrachtung des Gewicht der ganzen Masse in den Schwerpunkt zu legen pflegt. Diese beiden Punkte, wo wir uns die Wirkungen aller Elemente von jeder Hälfte des Stabes vereinigt denken, heißen die Pole im engeren Sinne. Auf dieselbe Weise können wir auch die Wirkungen aller magnetischen Elemente, welche die Erde zusammensetzen, in mehreren Punkten vereinigt denken, welche dann die Magnetpole der Erde heißen.

Da die Magnetnadel in unseren Gegenden sehr nahe nach Norden und Süden gerichtet ist, so folgt, daß die Wirkung aller Punkte der Erde auf sie so beschaffen ist, als wenn in der Nähe der Erdpole auch die Magnetpole lägen; auch wurde in früheren Zeiten häufig angenommen, daß die Pole der Erde selbst den Sitz der magnetischen Kraft wären. Aber genauere Untersuchungen haben das Unrichtige derselben gezeigt. Es geht aus denselben hervor, daß sich ein großer Theil der Erfahrungen aus der Hypothese ableiten läßt, daß jede Halbkugel der Erde zwei Pole besitze, von denen jeder einem Continente entspricht. Die Messungen im nördlichen America zeigen nämlich, daß wir hier einen Punkt antreffen, gegen welchen der Nordpol der Nadel stets gerichtet ist; dieses thut nicht bloß die Abweichungsnadel, sondern auch die Neigungsnadel nähert sich immer mehr der verticalen Stellung, je näher wir diesem Punkte kommen. Wir können daher diesen westlich von der Baffinöbai liegenden Punkt einen Magnetpol nennen. Ein eben solcher Punkt liegt im sibirischen Eismeere. Zwei ähnliche Punkte scheinen südlich von Neu-Holland und America zu liegen. Obgleich die Lage dieser Punkte noch nicht mit der erforderlichen Schärfe bestimmt ist, so scheint es doch für die Erklärung des Erdmagnetismus ein wichtiger Umstand zu seyn, daß wenigstens in der nördlichen Halbkugel diese Punkte nahe mit den Kältepolen zusammenfallen.

Intensität des Erdmagnetismus.

Wollten wir bei der Betrachtung des Erdmagnetismus nur die Richtung der Nadel berücksichtigen, so würde die Untersuchung stets nur einseitig seyn, da wir hier eben so wie bei allen übrigen Kräften nothwendig zugleich die Stärke oder Intensität desselben auffuchen müssen. Da eine jede Kraft desto geringer wird, je weiter wir uns von dem wirksamen Punkte entfernen, so wird es sehr wahrscheinlich, daß auch hier die Intensität am magnetischen Aequator am kleinsten sey, und daß sie nun mit der Annäherung an die Pole wachse. Genaue Messungen haben dieses auf das vollständigste bestätigt. Um diese Messungen zu machen, bedient man sich desselben Verfahrens als bei Bestimmung der Schwerkraft. Wird nämlich eine Magnetnadel aus ihrer natürlichen Stellung im magnetischen Meridiane entfernt, so kehrt sie in dieselbe zurück und macht eben so wie das Pendel eine Reihe von Schwingungen, welche bei unveränderter Nadel desto schneller erfolgen, je stärker der Erdmagnetismus am Beobachtungsorte ist. Um sich von der Richtigkeit dieser Behauptung zu überzeugen, stelle man eine Magnetnadel auf und beobachte unter der bloßen Einwirkung des Erdmagnetismus vermittelt einer Secundenuhr die Zeit, welche sie etwa zu 10 Schwingungen gebraucht. Hierauf stelle man in der Ebene des magnetischen Meridianes nördlich von der Nadel den Südpol eines anderen Magneten auf, so wird die Nadel auch von diesem in ihrer natürlichen Stellung festgehalten, und wenn wir jetzt, wo eine größere Kraft auf die Nadel einwirkt, den obigen Versuch wiederholen, so finden wir, daß die zu 10 Schwingungen erforderliche Zeit weit kleiner ist, als im ersten Falle. Um daher die Intensität des Erdmagnetismus in verschiedenen Gegenden der Erde zu bestimmen, dürfen wir nur die Zeit auffuchen, welche dieselbe nach jenen Gegenden gebrachte Magnetnadel zu einer Schwingung erfordert.

Regelmäßige Variationen des Erdmagnetismus.

Die Elemente, welche wir beim Erdmagnetismus zu betrachten haben, sind nicht so constant, als es nach dem bisher Gesagten scheinen könnte. Nehmen wir eine Magnetnadel, die eine solche Länge hat, daß sie gestattet, auf dem zu ihr gehörigen

Grabbogen Minuten abzulesen und hängen sie dann an einem Coconfaden auf, so finden wir, daß eine solche Nadel nie ruhig steht. Daß diese Unruhe nicht von zufälligen Erschütterungen des Bodens abhängt, geht besonders daraus hervor, daß die Nadel sich während des Tages mit einer gewissen Regelmäßigkeit bewegt. Zeichnen wir ihren Stand etwa von Stunde zu Stunde während eines ganzen Monates auf und nehmen dann das Mittel aus den zu jeder einzelnen Stunde gefundenen Größen, so finden wir, daß die Abweichungsnadel in unseren Gegenden etwa um 8 Uhr Morgens den östlichsten Stand hat, darauf geht sie nach Westen und ist zwischen 1 und 2 Uhr Nachmittags mehrere Minuten westlicher als am Morgen. Nun kehrt sie nach Osten zurück und erreicht noch vor Mitternacht fast dieselbe Lage, welche sie um 8 Uhr Morgens hatte, worauf sie mehrere Stunden fast stationär wird, oder sich doch nur sehr langsam nach Osten bewegt. Diese regelmäßigen Schwankungen sind im Sommer weit größer als im Winter, und an heiteren Tagen bedeutender als an trübigen; in unseren Gegenden betragen sie im Durchschnitt des Jahres etwa einen Viertelgrad, sie werden mit der Annäherung an die Pole größer, nehmen aber gegen den Aequator hin ab. Aber allenthalben hat man gefunden, daß der Nordpol der Nadel am Morgen mehr nach Osten gerichtet sey, als am Nachmittage.

Auch die Neigung und Intensität der Magnetnadel zeigen ähnliche Variationen, die jedoch bisher noch nicht genügend verfolgt sind. Jedenfalls hängen dieselben mit der ungleichen Temperatur der östlich und der westlich vom Beobachtungsorte gelegenen Gegenden zusammen. Am Vormittage sind die östlich von uns gelegenen Theile der Erde wärmer als die westlich gelegenen; der Nordpol entfernt sich von denselben; am Nachmittage findet das Gegentheil Statt, der Nordpol entfernt sich von den wärmeren westlich gelegenen Gegenden und kehrt nach Osten zurück. Je größer die Temperaturdifferenz im Laufe des Tages ist, desto bedeutender sind diese Aenderungen, und daher sind sie im Sommer größer als im Winter.

Eben so scheint die Declination sich im Laufe des Jahres auf eine ziemlich regelmäßige Weise zu ändern, jedoch ist der Werth

dieser Variationen noch nirgends durch eine hinreichende Zahl von Messungen bestimmt worden, um über ihre Beschaffenheit etwas Näheres zu bestimmen.

Unregelmäßige Aenderungen des Magnetismus.

Nimmt man Nadeln, welche eine sehr große Beweglichkeit besitzen und es gestatten, die Stellung selbst bis auf wenige Secunden zu bestimmen, wie dieses namentlich bei den von Gauß construirten Apparaten der Fall ist, dann zeigt sich, daß die Nadel in unseren Gegenden die vorhin erwähnten Bewegungen nicht mit Regelmäßigkeit macht. Sie bewegt sich eine Zeit lang ziemlich normal, dann erfolgt ein Stillstand, sie geht wohl etwas zurück, um sich nach einiger Zeit wieder so zu bewegen, wie es der allgemeine Gang erfordert. Eben so finden wir selbst mit weniger vollkommenen Vorrichtungen, daß die Nadel sich mehrere Tage schnell nach Osten oder Westen bewegt, und dann wieder in die mittlere Lage des Meridianes zurückkehrt. Diese Störungen, von denen wir sogleich einige näher betrachten wollen, zeigen sich auch bei der Neigung und Intensität und hängen wahrscheinlich mit einer anomalen Vertheilung der Wärme auf der Erde zusammen; diese Vermuthung scheint besonders darin ihre Stütze zu finden, daß die Declination eben so wie der Stand des Barometers von der Windrichtung und der Temperatur abhängt. Aber diese Abänderungen in den magnetischen Elementen der Erde zeigen sich auf einem weit größern Raume, als dieses beim Barometer der Fall ist, denn lebhaftere Störungen in der Stellung der Nadel haben sich fast in demselben Momente im westlichen Europa und im Innern Asiens gezeigt.

Ich habe hier die wichtigsten Thatfachen angegeben, welche uns der Magnetismus der Erde zeigt, ohne jedoch dieselben tiefer zu verfolgen, was um so eher erlaubt schien, da den Ansichten der meisten Physiker zufolge die Lehre vom Erdmagnetismus und die Meteorologie zwei besondere Theile der physikalischen Geographie ausmachen. In meinem Lehrbuche der Meteorologie habe ich die Beobachtungsmethoden und die Gesetze ausführlicher betrachtet; dasjenige, was ich hier gesagt habe, schien mir nöthig, um die wichtigsten Thatfachen zu verstehen, welche

sich auf die Polarlichter beziehen, deren nähere Betrachtung zwar in aller Strenge ebenfalls in die Lehre vom Erdmagnetismus gehört, die ich aber hier deshalb nehme, weil sie sich zum Theil in der Atmosphäre selbst bilden und wohl nicht einem Jeden die Schriften über Erdmagnetismus zugänglich seyn möchten.

Polarlichter.

Man versteht unter Polarlichtern leuchtende Erscheinungen, welche den Europäern im Allgemeinen nördlich von ihrem Wohnort erschienen und deshalb Nordlichter, Nordseeine (Aurora borealis) genannt wurden. Später haben Reisende nach der südlichen Halbkugel der Erde auch ähnliche Phänomene in der Nähe des Nordpols gesehen und dieselben Südlichter genannt. Beide wollen wir mit dem gemeinsamen Namen Polarlichter bezeichnen.

Dunkles Segment.

Nach den übereinstimmenden Zeugnissen der Beobachter, welche im nördlichen Europa wohnen und sich an diese Erscheinung gewöhnt haben, ist der Vorgang im Allgemeinen folgender. Ein eigenthümliches, schmutziges Ansehen des nördlichen Himmels in der Nähe des Horizontes verkündet nach Argelanders dem aufmerksamen und geübten Beobachter schon im Voraus das Erscheinen eines Nordlichtes. Bald wird die Farbe dunkler und es zeigt sich ein Kreissegment von geringerer oder größerer Ausdehnung mit einem lichten Saume eingefast. Dieses Segment hat ganz das Ansehen einer dunkeln Wollenbank. Nach den Bemerkungen von Bergmann und Hansteen ist dieses Segment in Upsala und Christiania bisweilen schwarz und dunkelgrau oder ins Violette spielend; je weiter man aber nach Norden kommt, desto weniger dunkel ist dieses Segment und in hohen Breiten soll es sich kaum unterscheiden lassen. Eben dieses dunkle Segment sieht man auch in niederen Breiten öfter: so erwähnen es fast alle deutschen Beobachter bei dem Nordlichte am 7. Januar 1831.

An dieses dunkle Segment schließt sich die Bemerkung Sigler's, daß im nördlichen Schweden die Menschen auf hohen Bergen oft von einem dem Nordlichte ähnlichen Nebel überfallen

würden, so daß ein weißgrauer, etwas ins Grünliche fallender, sehr durchsichtiger Nebel von der Erde aufzusteigen und sich in ein Nordlicht zu verwandeln pflege. Diesen Zusammenhang zwischen Nordlicht und feinen Wölkchen haben noch mehrere ältere Beobachter erwähnt, ohne daß ihre Bemerkungen beachtet wurden, bis endlich in neueren Zeiten die Reisenden nach den Polargegenden diesen Umstand mehr hervorgehoben haben. So sagt Wran gel ausdrücklich, daß, wenn eine Lichtmasse vom Nordlichte bis in die Nähe des Mondes aufstieg, sogleich ein Hof um diesen sichtbar wurde; häufig verschwand das Licht in Gestalt schwacher lichter Wolken, die weißlich blieben und oft am folgenden Tage noch als wirkliche kleine krause Wolken am Himmel standen.

Durch dieses dunkle Segment hindurch sieht man sehr deutlich Sterne, nicht bloß im Norden Europa's, sondern auch in Deutschland, und eine große Zahl von Beobachtern hat dieses übereinstimmend bestätigt. Aber dieser Umstand macht es sehr schwierig, die Ursache und Beschaffenheit dieses dunkeln Segmentes anzugeben. Daher finden wir in den Ansichten selbst solcher Beobachter, welche in höheren Breiten oft Nordlichter gesehen haben; Widersprüche. So sagt Struve: „Die ganze Bank, welche zunächst am Nordhorizonte liegend, die scheinbare Grundlage aller Nordlichter ist, die wir seit geraumer Zeit hier in Dorpat gesehen haben, ist entschieden nur dunkler Himmelsgrund und keine Wolke. Wir haben zu wiederholten Malen bei auf fallender Schwärze und bedeutender Erhebung über dem Horizonte die Bank genauer betrachtet und Sterne ungeschwächt in dieselbe hineintreten und verweilen sehen. Ihre Dunkelheit ist offenbar eine Folge des Contrastes mit dem sie begrenzenden Lichtfranze. Wenn die Bank durch Lichtstreifen getheilt und theilweise erleuchtet wird, so ist dieses dem Entstehen von Licht an Himmelsstellen, die früher nicht leuchteten, zuzuschreiben.“ Dagegen glaubt Argelander aus seinen Beobachtungen auf der Sternwarte zu Åbo folgern zu dürfen, daß dieses dunkle Segment wirklich etwas Reelles sey, wobei er sich besonders darauf stützt, daß der Himmel vor Ausbildung des Phänomenes hier ein dunkleres Ansehen hat, daß die Dämmerung braunröthlicher erscheint und allmählig in die dunkle Basis übergeht.

Der höchste Punkt dieses dunkeln Segmentes liegt im Allgemeinen im magnetischen Meridiane, und wenn auch öfter Abweichungen davon beobachtet sind, so ist die Zahl der Erfahrungen dieser Art doch sehr klein in Vergleich mit denen, bei denen wir die oben angeführte Lage finden. Besonders scheinen in höheren Breiten die Ausnahmen von dieser Regel häufiger vorzukommen, als weiter südlich.

Heller Bogen.

Ueber diesem dunkeln Segmente liegt ein heller Bogen. Dieser ist nach den mehrjährigen Erfahrungen von Argelander zu Åbo von einer glänzend weißen, etwas ins Bläuliche fallenden Farbe, jedoch, so lange noch Dämmerung vorhanden, wahr scheinlich durch die Verschmelzung der Farben, mehr gelblich und bei sehr heller Dämmerung zuweilen ins Grünliche spielend. Seine Breite ist verschieden, von einer bis vier, sechs und mehreren Vollmondsbreiten; der untere Rand ist meistens ziemlich scharf begränzt, der obere nur dann, wenn die Breite gering ist, mit dem Zunehmen derselben wird er immer verwischener, bis bei sehr großen Breiten durchaus keine Begränzung mehr zu erkennen ist, sondern der Schein allmählig in das Licht des Himmels verfließt. Dann ist die Helligkeit, die er verbreitet, auch sehr stark, und während ein geringerer seine Wirkungen vorzüglich nur auf den nördlichen Horizont äußert, verbreiten die stärkeren ein Licht über die ganze Gegend, dem gleich, welches der Vollmond bis eine halbe Stunde nach dem Aufgange zu Wege bringt.

Dieser helle Bogen ist ein Theil eines hellen Kreises, von welchem ein jeder Beobachter sein eignes Stück sieht. Wir können uns nach Hansen das ganze Ansehen durch den Stundenkreis an einem Globus erläutern. Wir wollen annehmen, ein kleines Insect kriecht um den Globus auf dem Parallelkreise von 60°, so sieht es nur einen kleinen Theil des Kreises, da der größte Theil von diesem durch den Globus, also der Horizont des Insectes verdeckt wird. Der höchste Theil des von ihm gesehenen Bogens liegt gerade im Norden. Kommt es dem Stundenringe näher, so sieht es einen größern Theil desselben, und wenn es sich gerade unter seinem Rande befindet, so erscheint er im Ze-

nith. Nähert es sich dem Pole mehr, befindet es sich also innerhalb des Ringes, so erscheint der höchste Punkt im Süden. Wahrscheinlich liegt nun der Mittelpunkt des Nordlichtes über dem Magnetpole, und befindet man sich östlich von diesem, so muß der Bogen genau von N nach S gehen und der höchste Punkt in Westen liegen, was auf Grönland auch wirklich der Fall ist. Nördlich von demselben erscheint der Bogen im Süden, was auch Parry auf Melville's Insel gesehen hat. Es muß ferner der Bogen im Allgemeinen höher erscheinen, je weiter wir nach Norden gehen, ja es muß zuweilen vorkommen, daß der Bogen fast elliptisch erscheint, was auch mehrere Beobachter in Scandinavien ausdrücklich hervorheben.

Zuweilen, wenn das Nordlicht sehr lebhaft ist, sieht man noch einen oder mehrere helle Bögen, welche höher am Himmel stehen und mit dem eben erwähnten meistens concentrisch sind. Zuweilen hat man auch besonders bei kalter Luft in bedeutender Höhe weiße Bögen am Himmel gesehen, welche mehrere Physiker für Bilder des Nordlichtes halten, dessen Licht von gefrorenen Dünsten in der Atmosphäre so zu dem Zuschauer zurückgeworfen wird, daß ein leuchtender Bogen am Himmel erscheint.

Strahlenschießen.

Hat sich der helle Bogen ausgebildet, so bleibt er oft mehrere Stunden sichtbar, indessen herrscht keinesweges eine vollkommene Ruhe in demselben, vielmehr ist das Ganze in fortwährender Bewegung; der Bogen erhebt oder senkt sich, zieht sich nach Osten oder Westen; hier und dort wird er auch wohl zerrissen. Am lebhaftesten werden diese Bewegungen, wenn das Nordlicht sich weiter ausbreitet und anfängt Strahlen zu schießen. Dann wird der Lichtsaum an einer Stelle bedeutend heller, greift in das dunkle Segment hinein, und es steigt ein heller Schein von der Farbe des Lichtsaumes in die Höhe, ungefähr halb so breit als der Vollmond, selten breiter, in der Mitte heller, nach beiden Seiten schwächer, aber deutlich vom Himmelsraume sich abschneidend. Mit Uligeschwindigkeit schießt er auf, oft bis an den halben Himmel, zuweilen noch höher; oben sich äügelnd und in mehrere Strahlen zerspalten, nimmt er die Figur eines Strahlen-

büschels an. Meistens erhebt er sich senkrecht, selten in einer den Horizont geneigten Richtung; sich bald verlängernd, bald gegen verkürzend, behält er doch im Ganzen, oft mehrere Minuten, seine Gestalt bei, aber selten bleibt er auf derselben Stelle, sondern bewegt sich nach Osten oder Westen, zuweilen wie vom Winde bewegt sich krümmend. Allmählig wird er blasser und verschwindet endlich, um andern Strahlen Platz zu machen. Sind diese Strahlen sehr lebhaft, so erscheinen sie häufig mit prismatischen Farben, besonders sind purpur und grün deutlich wahrzunehmen. Erheben sich die Strahlen nicht bis zu bedeutender Höhe, sondern verschwinden sie in der Nähe des hellen Bogens, dann gleicht dieser einem Kämme.

Nordlichtskrone.

Ist die Zahl der Strahlen, welche aus dem hellen Segmente hervorschießen, sehr groß, und erheben sich diese zuckenden Lichtmassen bis über das Zenith hinaus, so bilden sie hier die sogenannte Nordlichtskrone, deren Mittelpunkt nahe in der Verlängerung der Neigungsnael liegt, welche allein keinen Theil nimmt an der lebhaften Bewegung der ganzen Lichtmasse und welche nach den Berichten aller Augenzeugen stets den schönsten Theil des ganzen Phänomenes ausmacht. Der ganze Himmel hat dann das Ansehen einer glänzenden Kuppel, welche von Säulen verschieden gefärbten Lichtes getragen wird. Wenn dann späterhin das Strahlenschießen schwächer wird, so verschwindet zuerst die Krone, stellenweise zeigt sich noch ein blaßes Lichtgewölke, das zuweilen wieder zunimmt, zuletzt verschwindet endlich nach längerer oder kürzerer Zeit auch der helle Bogen.

Die innige Verbindung des Nordlichtes mit dem Erdmagnetismus, welche durch die Stellung des hellen Bogens und der Nordlichtskrone erwiesen wird, tritt noch auffallender hervor, wenn wir die Säulen näher betrachten. Wilcke, welcher diesen Gegenstand zuerst weiter verfolgte, sprach den Satz aus, daß alle von dem hellen Bogen ausschließenden Strahlen der Neigungsnael parallel wären. Eben dieses gilt nach den Bemerkungen von Hansteen auch von den schwarzen Nordlichtsstrahlen, welche in ihrem Wesen ganz mit dem dunkeln Segmente

unter dem hellen Bogen übereinstimmen. Man sieht nämlich oft schwarze Strahlen oder Säulen gleich einem dicken schwarzen Rauche, mit großem Ungestüme über oder von dem leuchtenden Bogen oder der ganzen leuchtenden Masse emporfliegen, und diese schwarzen Strahlen haben dieselbe Beweglichkeit und Veränderlichkeit als die leuchtenden Strahlen selbst. Diese schwarzen Strahlen sind von Hansteen und mehreren andern Beobachtern in Norwegen deutlich gesehen, doch werden sie nur selten erwähnt.

Gehen wir von der Thatfache aus, daß die Strahlen aus kürzeren oder längeren Säulen bestehen, welche der Richtung der Neigungsnadel parallel sind, so ergibt sich aus den Gesetzen der Perspective, daß alle sich in der Verlängerung dieser Richtung scheinbar vereinigen müssen. Es ist ganz dieselbe Erscheinung, welche uns eine Reihe paralleler Furchen auf ebenem Felde zeigt, die scheinbar zu einem Punkte zusammenlaufen, welcher in der Verlängerung derjenigen Furche liegt, die durch das Auge gehen würde. Auf eine ähnliche Weise scheint auch der helle Bogen über dem dunkeln Segmente zu entstehen. Erhebt sich dieser so hoch am Himmel, daß er durch den Punkt geht, welchen die verlängerte Neigungsnadel trifft, so scheint er an dieser Stelle zerbrochen zu seyn, woraus wir schließen dürfen, daß diese Bögen eben so wie die übrige Lichtmasse aus Strahlenbüscheln bestehen, welche mit der Neigungsnadel parallel sind und nur deshalb das Ansehen einer stetigen Lichtmasse haben, weil die Zwischenräume durch hinter einander liegende Reihen von Strahlenbündeln ausgefüllt sind.

Ausdehnung der Nordlichter.

Der Raum, auf welchem einzelne Nordlichter sichtbar werden, ist sehr bedeutend. Nicht selten sind dieselben im ganzen nördlichen Europa und in Italien gesehen worden. Aber auch die Ausdehnung nach der Länge ist sehr groß. So sah man am 5. Januar 1769 ein schönes Nordlicht in Pensylvanien und Frankreich; eben so am 17. September 1770 in Frankreich und China. Das schöne Nordlicht am 7. Januar 1831 wurde im ganzen nördlichen und mittlern Europa, so wie am Eriks-See in

Nordamerica gesehen, und ähnliche Beispiele ließen sich noch mehrere anführen. Wir müssen hieraus nothwendig folgern, daß ein großer Theil der Erde an der Erzeugung dieses Phänomenes Theil nimmt; unsere Verwunderung der großartigen Wirkung der dabei thätigen Kräfte steigt aber noch höher, wenn wir sehen, daß häufig zu derselben Zeit Polarlichter in der nördlichen und südlichen Halbkugel sichtbar werden. Wenn wir namentlich die Beobachtungen von Cook näher betrachten, so finden wir, daß an allen Tagen, an denen er in der Nähe des Südpoles Nordlichter gesehen hatte, in der nördlichen Halbkugel entweder Nordlichter gesehen wurden, oder wofern dieses nicht der Fall war, deuteten andere Phänomene, namentlich die Unruhe der Magnetnadel darauf, daß sie wahrscheinlich näher am Nordpole erschienen seyn würden.

Periodicität der Nordlichter.

Die Thatfache, daß die Nordlichter öfter an Punkten sichtbar sind, deren Länge sehr verschieden ist, zeigt hinreichend, daß sie zu keiner bestimmten Stunde der Nacht vorkommen; sie erscheinen sowohl am Morgen als am Abend. Es kommt dabei vorzüglich auf ihre Lichtstärke an, wie lange sie nach dem Untergange der Sonne erscheinen, ja Richardson sah während seines Aufenthaltes am Bärensee mehrmals das Flimmern des Nordlichtes deutlich vor dem Verschwinden der Tageshelle, ja häufig erkannte er am Tage die Wolken in eben den Säulen und Bögen, welche das Nordlicht anzunehmen pflegt.

Dagegen läßt sich mit ziemlicher Bestimmtheit eine jährliche Periode in der Zahl derselben nachweisen, doch würde dieselbe deutlicher hervortreten, würde sie nicht durch die ungleiche Tageslänge in verschiedenen Jahreszeiten verdeckt. Nehmen wir nämlich an, daß in jeder Stunde des Tages und der Nacht die Möglichkeit zur Entstehung eines Nordlichtes gleich groß ist, so müßte die Zahl der im Winter gesehenen weit größer seyn, als im Sommer, weil die längere Dauer der Dunkelheit die Erscheinung begünstigt. Wäre demnach die Periode so beschaffen, daß die Zahl im Winter größer ist, als im Sommer, so würde sich die Existenz derselben einfach aus diesem Umstande ableiten lassen.

Aber wie Maïran und mehrere andere Naturforscher bemerkt haben, ist die Zahl derselben um die Zeit beider Aequinoctien größer als im Sommer und Winter. Die folgende Tafel enthält die Zahl der Nordlichter, welche in den einzelnen Monaten gesehen sind:

Januar	229	Julius	87
Februar	307	August	217
März	440	Septbr.	405
April	312	October	497
Mai	184	November	285
Junius	65	December	225

Ist also gleich die Zahl wegen der längern Dauer der Nächte im Winter größer als im Sommer, so finden wir doch zwei Maxima, von denen das eine im März, das andere im September oder October liegt, ja die Zahl ist alsdann etwa doppelt so groß als in den eigentlichen Wintermonaten.

Außer dieser jährlichen Periode giebt es noch eine größere Periode, die wir zwar im Allgemeinen kennen, über deren nähere Beschaffenheit sich aber nichts Bestimmtes sagen läßt. Wir finden nämlich, daß in einer Reihe von Jahren sehr viel Nordlichter erscheinen, dann nimmt ihre Zahl wieder ab, sie sind selten und nach einiger Zeit kehren sie häufiger wieder. So war eine solche Periode von 1707 bis 1790, welche etwa um 1752 am stärksten war. Nach derselben trat eine Periode von etwa 20 Jahren ein, in welcher wenige Nordlichter gesehen wurden, aber seit dem Jahre 1820 sind dieselben wieder häufiger geworden.

Höhe der Nordlichter.

Verschiedene Physiker und Astronomen haben sich bemüht, die Höhe der Nordlichter über der Erdoberfläche zu bestimmen, indem sie die scheinbare Höhe der Nordlichtsbögen an verschiedenen Orten mit einander verglichen. Da es aber wahrscheinlich ist, daß ein jeder Beobachter seinen eigenen Bogen sieht, so können die auf diese Weise erlangten Resultate nur unsicher seyn. Dieses bestätigt auch die Erfahrung. So haben Christie und Hansteen die Höhe des Nordlichtes vom 7. Januar 1831 berechnet, je nachdem sie aber verschiedene Beobachtungen mit ein-

ander combiniren, finden sie Größen, welche zwischen 5 und 26 Meilen schwanken. Ältere Physiker gaben dem Nordlichte eine Höhe von 100 und mehr Meilen, spätere Beobachter haben dieselbe sehr herabgesetzt, indem mehrere eine Höhe von nicht 20 Meilen fanden.

Während aber ältere Physiker dem Nordlichte eine bedeutende, weit über die Gränzen der Atmosphäre hinaus gehende Höhe zuschreiben, finden wir in neueren Zeiten mehrere Beobachter bemüht, das Phänomen in die Region der Wolken zu versetzen. Zwar haben schon früher verschiedene Naturforscher diese Ansicht ausgesprochen, aber man beachtete diese Behauptungen nicht, und neuerdings haben namentlich Thienemann, Brandel und Struve dem Nordlichte eine geringe Höhe zugeschrieben. Besonders hat sich der Prediger Farquharson zu Alford in Aberdeenshire, welchem wir eine Reihe trefflicher Beobachtungen über Nordlichter verdanken, bemüht, diesen Satz zu erweisen. So sah derselbe einmal eine ausgedehnte Wolkenmasse am nördlichen und nordöstlichen Horizonte, während der übrige Theil des Himmels heiter war; diese Wolkenmasse wurde von den aus ihr kommenden Nordlichtsstrahlen weit heller erleuchtet, als es der Mondschein gethan haben würde, während ähnliche Wolken an anderen Theilen des Himmels keine solche Beleuchtung zeigten. Es war unmöglich, fährt er fort, dem Nordlichte eine Entfernung zu geben, welche größer war, als die der Wolken, oder zu bezweifeln, daß letztere und das Licht Theile desselben Phänomenes wären. Am 20. December 1829 sah derselbe von 8½ bis 11 Uhr Abends ein sehr glänzendes Nordlicht über einer dichten Wolkenmasse, welche die Spitzen der nördlich von seinem Wohnorte liegenden Berge bedeckte. Obgleich der übrige Theil des Himmels heiter war, so stieg das Nordlicht doch nie höher als 20 Grad. Gleichzeitig sah der Prediger James Paull zu Fellsyke, zwei englische Meilen nördlich von Alford, um 9¼ Uhr Abends das Nordlicht ungewöhnlich hell in der Nähe des Zenithes, so daß es vielleicht kaum eine Höhe von mehr als 4000 Fuß gehabt hat.

Eben dahin scheinen auch die Erfahrungen zu deuten, welche auf den Polarreisen der Engländer gemacht worden sind, ja

Parry sah sogar, wie ein glänzender Nordlichtsstrahl sich mit Lebhaftigkeit in geringer Entfernung von ihm gegen die Erde herabstürzte. Wenn demnach Nordlichter auf einem großen Theile der Erde sichtbar sind, so ist diese weite Sichtbarkeit ein Beweis, daß sich die Nordlichtsstrahlen auf einem sehr großen Raume gebildet haben.

Geräusch beim Nordlichte.

Verschiedene Beobachter haben besonders in höheren Breiten ein eigenthümliches Geräusch beim Nordlichte gehört, welches von einigen mit dem verglichen wird, welches entsteht, wenn ein Stück Seidenzeug über einander gerollt wird, von andern mit dem Knistern electrischer Funken, von andern mit dem Geräusch einer stark vom Winde bewegten Feuersbrunst. Besonders soll dieses Geräusch beim lebhaftem Strahlenschießen gehört werden. Dagegen sagen andere eben so zuverlässige Beobachter in Scandinavien, daß sie aller Aufmerksamkeit ungeachtet nie die geringste Spur eines solchen Geräusches wahrgenommen hätten, und eben so wenig haben die Engländer auf ihren Polarreisen, Thienemann in Island und Wrangel an den Küsten des sibirischen Eismeeres je ein Geräusch gehört. Jedenfalls also würde daraus folgen, daß dieses Geräusch nicht bei allen Nordlichtern zu bemerken sey. Doch erheben sich noch manche andere Schwierigkeiten. Abgesehen davon, daß ein schwaches Säusen des Windes mit diesem Geräusche verwechselt werden kann, ein Säusen, welches sonst nicht beachtet wird, aber nur um so stärker auffällt, wenn man ein ungewöhnliches Phänomen betrachtet, ist der Zusammenhang des Geräusches mit dem Nordlichte schwer aufzufinden. Hätte nur ein einziger Beobachter das Zeitintervall zwischen dem Strahlenschießen und diesem Geräusch aufgesucht, dann wäre nicht bloß letzteres erwiesen, sondern man hätte auch die Höhe der Nordlichter auffinden können. Bis jetzt ist noch nie von diesem Intervalle die Rede gewesen. Aber geben wir den Strahlen eine Entfernung von 2 Meilen vom Beobachter, so vergeht fast eine Minute, ehe letzterer den Schall hört, und es können also schon wegen dieser langen Dauer manche Täuschungen vorkommen. Ob wir aber einen Schall, welcher in den oberen Regionen der Atmosphäre erzeugt wird, noch in einer Entfernung

von 2 Meilen hören können, ist eine Frage, welche ich kaum zu beantworten wage. Bei Gewittern habe ich aller Aufmerksamkeit ungeachtet keinen Donner gehört, wenn mehr als 40 Secunden zwischen Blitz und Donner verfloßen seyn würden. Man darf damit nicht die großen Entfernungen vergleichen, in denen der Kanonendonner gehört wird, denn hier leitet einerseits der Boden den Schall sehr weit, andererseits verfolgt der Schall seinen Weg in einer Luftmasse von nahe derselben Dichtigkeit. Wenn aber die Luftschwingungen in der Höhe entstehen und sich nun den dichteren Schichten in der Tiefe mittheilen, so nimmt ihre Intensität schnell ab und wird so gering, daß sie kaum noch auf das Ohr wirken.

Witterung bei Nordlichtern.

Eben so problematisch als dieses Geräusch ist der Zusammenhang der Polarlichter mit der Witterung. Fast allenthalben, wo jene öfter gesehen werden, soll die folgende Witterung davon abhängen, jedoch sind diese Ansichten so abweichend, daß sich kaum daraus ein Resultat herleiten läßt. Es tritt hier sogleich der Uebelstand ein, daß man die Witterung meistens nur an einem Orte oder doch nur auf einem kleinen Raume betrachtet; wenn aber die Nordlichter nicht bloß in Europa, sondern auch in America sichtbar sind, so müßte die Witterung auf diesem ganzen Raume näher untersucht werden, das ist aber bis jetzt noch nie geschehen. Nur so viel scheint aus allen Erfahrungen mit ziemlicher Sicherheit hervorzugehen, daß lebhaftes, viele Strahlen schießende Nordlichter nicht selten Vorboten von Stürmen sind und daß sie überhaupt mit einer anomalen Vertheilung der Wärme auf der Erde zusammenhängen. Da hierüber aber noch zu wenig bekannt ist, so will ich nicht bei einer längern Erörterung des Gegenstandes verweilen.

Eben so wenig läßt sich angeben, ob die Luftpolarität bei Nordlichtern eine ungewöhnliche Stärke besitze. Haben auch einzelne Beobachter eine solche gefunden, so läßt sich aus diesen Erfahrungen kein Resultat herleiten, weil fast Niemand untersucht hat, wie die Electricität beschaffen war, wenn bei heiterem Himmel kein Nordlicht erschien.

Erdmagnetismus bei Nordlichtern.

Entschieden dagegen ist der Zusammenhang der Nordlichter mit dem Erdmagnetismus. Nicht bloß geht derselbe daraus hervor, daß in der Regel der höchste Theil des hellen Bogens in dem magnetischen Meridiane und der Mittelpunkt der Nordlichtskrone in der Verlängerung der Neigungsnadel liegen, sondern besonders daraus, daß nach den Erfahrungen, welche Celsius und Hiorter zuerst am 1. März 1741 zu Upsala machten, die Magnethadel zur Zeit von Nordlichtern eine große Unruhe zeigt. Bald geht dieselbe aus ihrer gewöhnlichen Stellung mehrere Minuten oder selbst mehrere Grade nach Osten, steht hier sehr unruhig und kehrt nun bald langsam, bald schnell in den Meridian zurück, oder geht wohl über diesen hinaus nach Westen. So verschieden das Ansehen der Nordlichter ist, eben so verschieden ist das Verhalten der Magnethadel während derselben. Zuweilen steht die Nadel auch ziemlich ruhig, das ist meistens dann der Fall, wenn der Nordlichtsbogen ruhig am Himmel steht; so wie aber das Strahlenschießen beginnt, ändert sich die Abweichung in jedem Momente. Dieses geschieht in unserer Breite selbst dann, wenn die Nordlichter nur in größerer Nähe am Pole sichtbar sind. Der Zusammenhang aber zwischen den Nordlichtstrahlen und der Bewegung der Magnethadel ist bis jetzt noch nicht nachgewiesen; ob jene den Nordpol anziehen oder abstoßen, ist unbekannt, und es dürfte sich dieses wohl nur durch eine große Zahl gleichzeitiger Beobachtungen an verschiedenen Punkten nachweisen lassen.

Eben so veränderlich ist die Neigung zur Zeit großer Nordlichter, indem sich das nach oben gerichtete Ende derselben nach den Erfahrungen von Wilke zugleich mit der Nordlichtskrone hebt und senkt. Ganz dasselbe gilt von der Intensität des Erdmagnetismus. Kurz vor Erscheinung des Nordlichtes kann letztere nach den Beobachtungen von Hansteen bis zu einer ungewöhnlichen Größe zunehmen; sobald aber das Nordlicht beginnt, nimmt sie gewöhnlich in demselben Verhältnisse ab, in welchem letzteres lebhafter wird, worauf sie dann langsam, oft erst nach Verlauf von 24 Stunden, zu ihrem frühern Werthe zurückkehrt.

Dieselbe Thatsache ist auch in der Folge von mehreren andern Beobachtungen bestätigt worden.

Ursache der Polarlichter.

Die Polarlichter hängen dem Gesagten zufolge auf eine so innige Weise mit dem Erdmagnetismus zusammen, daß es unmöglich wird, jene zu erklären, ohne daß man das Wesen von letzterem angegeben hat. Wenn wir aber in Betreff auf letzteren auch die allgemeinen Gesetze seiner Vertheilung auf der Erdoberfläche kennen, so sind wir doch noch weit entfernt, diese mit einer solchen Schärfe anzugeben, daß wir aus diesen Gesetzen die wirkenden Ursachen ableiten könnten. Worin aber auch dieses Wesen bestehen möge, ob die ganze Erde selbst aus des Magnetismus fähigen Theilen zusammengesetzt sey, oder ob electriche Ströme im Innern der Erde die Richtung der Magnethadel bestimmen: so viel ist gewiß, daß die Vertheilung der Temperatur einigen Antheil an der Bestimmung der Magnetpole hat, da diese nahe mit denjenigen Punkten zusammenfallen, welche wir für die kältesten auf der Oberfläche der Erde ansehen müssen.

Wird nun durch irgend eine Ursache, vielleicht durch anomale Vertheilung der Temperatur, die Stärke des Magnetismus gesteigert, also ein Zustand herbeigeführt, welcher von dem mittlern Gleichgewichte abweicht, dann entsteht der magnetische Funke, auf eine ähnliche Weise als wir ihn bei künstlichen Magneten erzeugen, wenn wir das Gleichgewicht in diesen ändern. Nehmen wir einen mit Seide besponnenen Kupferdraht, welcher an dem einen Ende eine kleine angelöthete blankte Kupferplatte trägt, und wickeln diesen spiralförmig stets nach derselben Richtung um einen Magneten, und biegen das zweite Ende des Drahtes so, daß es in geringem Abstände von der Kupferplatte steht und bei schwacher Federung diese berühren kann, so zeigt sich zwischen beiden Enden des Drahtes ein Funke wenn wir den Anker abreißen und wenn wir ihn anlegen, also jedesmal wenn der magnetische Zustand des Magneten geändert wird. Auf eine ähnliche Weise scheint auch das Polarlicht zu entstehen, wenn eine Störung im Gleichgewichte des Erdmagnetismus vorhanden ist. Aber mit Bestimmtheit nachzuweisen, wie daraus die ein-

zelnen Thatsachen hervorgehen, ist bis jetzt noch nicht möglich; ich habe die Art, wie dieses geschehen könne und die mancherlei darüber aufgestellten Hypothesen ausführlicher in meinem Lehrbuche der Meteorologie betrachtet; hier möge die Bemerkung genügen, daß diese magnetischen Lichtstrahlen sich in den oberen dünnen Regionen der Atmosphäre eben so ausbreiten, als das electrische Licht im luftleeren Raume; daß sie aber, die ihrer Natur nach magnetisch sind, von dem Erdmagnetismus eben so eine bestimmte Stellung erhalten, als eine frei schwebende Magnetnadel, bedarf wohl kaum eines Beweises.

Neunter Abschnitt.

Problematische Erscheinungen.

Studiren wir die Bestrebungen, welche zu verschiedenen Zeiten gemacht sind, um die Erscheinungen der Natur zu erklären, so zeigt sich die Thatsache, daß die Menschen ihre Thätigkeit meistens auf das fern Liegende und Ungewöhnliche richten, während sie sich weniger um das Gewöhnliche und häufig Wiederkehrende bekümmern. Zwar hat sich seit der Zeit, wo Galiläi zeigte, daß die Gesetze des freien Falles der Körper zu den wichtigsten in der Physik gehörten, der Geist etwas geändert, aber noch immer leidet die Meteorologie mehr oder weniger an dem eben genannten Fehler. So wie das Wetter seinen regelmäßigen Verlauf zeigt, so wie es sich recht dazu eignet, die Gesetze der Aenderungen in der Atmosphäre zu entwickeln, bekümmert sich Niemand darum, die Instrumente werden kaum angesehen, in öffentlichen Blättern wird nicht davon gesprochen; so wie nun aber das Barometer oder Thermometer einen ungewöhnlichen Stand hat, dann ist die Frage nach den Angaben dieser Instrumente die erste in jeder Gesellschaft, dann enthalten alle Zeitungen Beobachtungen darüber, und es heißt, dieses sey ein treffliches Phänomen für Meteorologen. Ich habe jedoch im Verlaufe dieser Vorlesungen mehrmals Gelegenheit gehabt zu zeigen, daß gerade diese Untersuchungen wegen des Mangels an Beobachtungen nie durchgeführt werden können, und daß die Resultate, welche man auf diese Art erlangt, in der Regel sehr unsicher sind, ja wie namentlich unsere Kenntnisse von manchen Phänomenen, die nur in außer-

ordentlichen Fällen untersucht wurden, deshalb so mangelhaft sind, weil man nur außerordentliche Fälle wählte. Noch mehr gilt dieses von den Thatfachen, die wir im vorliegenden Abschnitte betrachten wollen. Regen von Schwefel, Blut u. s. w. hat seit den ältesten Zeiten das größte Aufsehen gemacht; noch mehr war dieses der Fall, wenn glühende Steine vom Himmel fielen. Jedermann hält die Untersuchung dieser Gegenstände für den wichtigsten Theil der Meteorologie; der Meteorolog, der sich ernstlich um diese Wissenschaft bekümmert, für den unbedeutendsten, er stellt diese Gegenstände in denselben Rang als die Mißgeburten, welche freilich einst den größten Theil der zoologischen Museen ausmachten, gegenwärtig aber meistens in einen Winkel gestellt werden. Viel läßt sich freilich über diese Gegenstände träumen, desto weniger aber erweisen, und deshalb werde ich dieselben nur sehr kurz berühren.

Schwefelregen.

In älteren, so wie in neueren Zeiten ist öfter die Behauptung aufgestellt worden, daß mit dem Regen zugleich Schwefel, meistens in der Gestalt von Schwefelblumen herabgefallen sey. Man fand nämlich nach heftigem Regen, daß die Gewässer mit einem feinen gelben Staube bedeckt waren, welcher leicht angezündet werden könnte, und deshalb weil er brannte, gelb ausfah und kein Holz oder Stroh war, nothwendig Schwefel seyn mußte, obgleich er beim Verbrennen nicht die geringste Ähnlichkeit mit Schwefel zeigte. Fast alljährlich findet man in den Zeitungen Nachrichten davon. Genauere Untersuchungen haben indessen gezeigt, daß dieses gelbe Pulver weiter nichts wäre, als der Blüthestaub von Fröchten, was bereits im Jahre 1676 von Elsholz behauptet wurde, welcher von Winden fortgeführt werde und dann mit dem Regen herabfalle. Die Beschaffenheit des Staubes hängt natürlich davon ab, welche Gewächse in der Nähe blühen. Schmie der glaubt, daß derselbe im März oder April vom Erlen- und Haselnußstrauch, im Mai und Junius von den Fichtenarten, vom Wachholder und der Birke, im Julius, August und September von *Lycopodium clavatum* (Heggenmehl), *Typha angustifolia* und verschiedenen Arten von *Equisetum* herrühre. Werden Leiche nach heftigen Regengüssen von jenem gelben Pulver über-

deckt, so blühen diese Pflanzen fast stets in der Nähe. In Wäldern zeigt sich stets die größte Menge dieses sogenannten Schwefels an Stellen, welche dem Winde ausgesetzt sind.

Blutregen.

In älteren Schriften, namentlich in den Chroniken des Mittelalters, finden wir sehr viele Nachrichten von Blutregen; es zeigten sich entweder auf dem Boden oder in stehenden Gewässern blutrothe Flecken, aus denen dann der Aberglaube mancherlei Vorbedeutungen für die Zukunft herleitete. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich auch jetzt noch hier oder da. Genauere Untersuchungen haben gezeigt, daß diese rothe Färbung theils von mikroskopischen Pflanzen, namentlich Pilzen und Algen herrühre, während in andern Fällen zahllose Menaen kleiner Wassergeschöpfe Schuld daran waren. Mehrmals ist indessen mit dem Regen ein rother, viele anorganische Bestandtheile enthaltender Staub herabgefallen, dessen Farbe zum Theil von Eisenoxyd, zum Theil von salzsaurem Kobalt herzurühren schien und welcher wahrscheinlich durch Winde herbeigeführt war.

Sehr viel Aufsehen erregte in neuerer Zeit die rothe Farbe, welche der Schnee bisweilen besitzt. Schon Saussure, Ramond und ältere Beobachter hatten dieses theils in den Alpen und Pyrenäen, so wie in Spitzbergen gesehen; diese Thatfachen aber wurden wenig beachtet, bis Ross auf seiner ersten Reise nach den Polargegenden dieses Phänomen an der Baffinsbai sah und die allgemeine Aufmerksamkeit darauf richtete. Der Schnee, und die allgemeine Aufmerksamkeit darauf bedeckte, hatte eine dunkle Karminfarbe; an einigen Stellen war er bis zu einer Tiefe von 10 bis 12 Fuß von dem färbenden Stoffe durchdrungen. In den Alpen zeigt sich diese Färbung stets am Fuße von mit Schnee bedeckten Abhängen, aber die Farbe dringt gewöhnlich nur wenige Zoll tief ein. Wird dieser Schnee geschmolzen, so erscheint der Bodensatz unter dem Mikroskope in Gestalt kleiner runder Körnchen; genaue Untersuchungen haben gezeigt, daß es mikroskopische Pflänzchen sind, welche auf dem Schnee wachsen, über deren nähere Beschaffenheit aber die Botaniker noch nicht einig sind.

Getreideregcn.

Nicht selten hat man nach heftigem Regen Körper gefunden, welche in ihrem äußern Bau eine entfernte Aehnlichkeit mit Getreidekörnern hatten und, eben so wie letztere, größtentheils aus Stärkemehl zusammengesetzt waren. Indessen ist schon in früheren Zeiten öfter gezeigt worden, daß diese Körper weder Getreide, noch aus der Luft gefallen wären; besonders aber haben Gëppert und Treviranus den Gegenstand in neueren Zeiten ausführlicher untersucht.

So fand man im Junius 1850 zu Greifau, einem Dorfe im Meißner Kreise in Schlesien, nach einem Gewitterregen eine Anzahl vegetabilischer Körperchen von verschiedener Gestalt in großer Menge auf grasigen Stellen. Diese Körperchen waren äußerlich gelblich braun; innerhalb weißlich hornartig durchscheinend, rundlich, selten cylindrisch, von 2 bis 8 Linien Länge und 1 bis 2 Linien im Durchmesser. Der Geschmack derselben war mehlig, schwach süßlich, späterhin etwas schärflich, so daß eine Zeitlang noch ein fragender Nachgeschmack zurückblieb. Schnell getrocknet verlor sich dieser schärflich fragende Geschmack und machte einem mandelähnlichen Platz. Genauere Untersuchungen zeigten, daß diese Körner die Wurzelknollen von *Ranunculus Ficaria* L. wären, welcher fast allenthalben in Schlesien in Menge vorkommt. In der Mitte des Junius sind Blätter und Stengel dieser Frühlingspflanze ganz verwelkt und es bleibt von ihr nichts übrig als die Wurzel, welche aus mehreren (6 bis 20) Knöllchen besteht, welche an der Stelle, aus welcher der Stengel entspringt, an einem sehr schwachen Wurzelstocke befestigt sind. Nach heftigem Regen werden diese Kugeln fortgeschwemmt, die Knollen leicht von dem Wurzelstocke getrennt, und so gelangen letztere leicht an Stellen, wohin sie in großer Menge vom Wasser geführt werden können. Daher findet man sie zwar stets nach dem Regen, aber noch Niemand hat sie mit diesem herabfallen sehen.

Schon früher sind eben diese Körner in verschiedenen Gegenden gefunden und ihrem wahren Wesen nach erkannt worden. Auf ähnliche Weise sind auch die Saamen von manchen andern Pflanzen durch den Regen an einzelnen Stellen angehäuft und für Erzeugnisse der Atmosphäre gehalten worden, so von *Melampy-*

rum nemorosum, *Veronica hederacfolia* u. s. w. Daß übrigens Windstöße im Stande sind, Früchte und Körner fortzuführen, welche dann mit dem Regen herabfallen können, bedarf wohl kaum eines Beweises. Eben dieses gilt von dem sogenannten

Thierregen.

Es sollen zuweilen kleine Thiere, wie Frösche, Fische, Raupen u. s. w. mit heftigem Regen herabgefallen seyn, wenigstens hat man sie nach dem Regen in Menge auf dem Felde gefunden. Indessen sind auch diese Thiere entweder vom Winde in die Höhe gehoben oder vom Wasser zusammenspült worden, oder endlich in Folge des Regens aus ihren Schlupfwinkeln hervorgekommen. Zwar ist noch in neueren Zeiten mehrfach beobachtet worden, daß Thiere aus der Luft herabgefallen seyen, und mehrere Augenzeugen wollen es selbst ohne Stürme erlebt haben; ich weiß hierauf indessen nichts Besseres zu antworten, als dasjenige, was einst einer der ausgezeichnetesten deutschen Naturforscher zu Jemanden gesagt haben soll, welcher die Behauptung aufstellte, daß er es erlebt habe: „Gut daß Sie es gesehen haben, denn nun glaube ich es; hätte ich es gesehen, so würde ich es nicht glauben.“

Höherauch.

Es giebt wenige Phänomene, welche so viel Aufsehen gemacht haben, als der Höherauch, namentlich derjenige, welcher sich im Jahre 1783 zeigte. Die Erscheinung heißt Höherauch, Haarrauch, Landrauch, Sonnenrauch, Moorrauch, Heiderauch, auch trockener Nebel. Die Erscheinung zeigt sich im mittleren Deutschland etwa auf folgende Weise. Wenn während des Tages der Himmel ganz rein ist, ohne daß sich eine Spur von Wolken zeigt, erscheint dennoch des Himmels Blau keinesweges sehr dunkel, es ist matt und weicht in seinem Ansehen bedeutend von dem ab, welches Statt findet, wenn feine verwaschene Cirri die Himmelsfarbe trüben. Während im letztern Falle die weiße Farbe vorherrschend ist, wird das Blau während des Höherauches mehr von einer schmutzigen Beimengung verunreinigt. In der Höhe von einigen Graden über dem Horizonte verliert sich plötzlich die blaue Farbe und es erscheint

rings um den Horizont ein an seinem obern Theile mehr oder weniger scharf begränzter Ring von schmutzig rothbrauner Farbe. Cumulostrati, deren oberer Rand zu andern Zeiten weiß glänzend seyn würde, erscheinen selbst zur Mittagszeit mehr oder weniger geröthet, und es findet dieses selbst dann Statt, wenn die Wolken noch eine Höhe von 30 bis 40 Graden über dem Horizonte haben. Entfernte terrestrische Gegenstände von dunkler Farbe erscheinen undeutlich und wie mit einem blauen Schleier überzogen. Selbst bei höherm Stande hat die Sonne einen matten Schein, die Schatten der terrestrischen Gegenstände sind schlecht begränzt, das Licht spielt mehr oder weniger ins Roth. Nähert sie sich dem Horizonte, so bekommt sie ein blutrothes Ansehen, man kann mit Leichtigkeit in sie hinein sehen und das zu uns gelangende Licht wird so sehr geschwächt, daß wir die Sonnenscheibe nicht mehr sehen, selbst wenn sie den Horizont noch nicht erreicht hat; ja es geschieht dann wohl, daß der untere Sonnenrand ein mattes kaum noch wahrnehmbares Licht zeigt, während der obere noch vollkommen scharf begränzt und mit blutrothem Lichte erscheint.

Zuweilen erhält der Höherauch eine ungewöhnliche Stärke, und in den Chroniken werden mehrere Beispiele dieser Art erwähnt; das größte Aufsehen aber machte der Höherauch von 1783, und ich will deshalb denselben hier ausführlicher betrachten.

Dieser Höherauch erfüllte an manchen Orten die ganze Atmosphäre so sehr, daß man Gegenstände, welche nur $\frac{1}{4}$ Meile entfernt waren, an manchen Orten entweder gar nicht oder nur blau und nebelig sah. Die Sonne erschien durch ihn roth und glanzlos, so daß man sie selbst um Mittag ansehen konnte; gegen die Zeit des Auf- und Unterganges verbarg sie sich ganz in Nebel. Am frühesten, nämlich am 29. Mai, wurde er in Kopenhagen beobachtet, wo eine Reihe von heiteren und warmen Tagen vorausgegangen war. Hier trat er also nach heiterm Wetter ein, während er an den meisten Orten nach einem Gewitter kam, an einigen Orten nach einem kalten Winde und in England bei anhaltend regnigem Wetter. In Rochelle wurde er am 6. und 7., in Dijon am 14. Junius beobachtet, nachher aber war die Luft am erstern Orte wieder frei von Nebel bis zum 18. Um die

Mitte des Junius ist die eigentliche Zeit, wo er sich fast allenthalben auf einmal zeigte, indem er zwischen dem 16. und 18. Junius in den meisten Gegenden von Deutschland, Frankreich und Italien beobachtet wurde; am 19. Junius in Franeker und den Niederlanden, am 22. in Spydberg in Norwegen, am 23. auf dem St. Gotthard und in Ofen, am 24. in Stockholm, am 25. in Moskau, gegen Ende des Junius in Syrien und am 1. Julius am Altai. Er bedeckte das adriatische Meer und einen Theil des atlantischen. Zuweilen erstreckte er sich bis über die Alpen, zu andern Zeiten waren die Spizen derselben rein. Weder Stürme noch Regen vertrieben denselben. Gegen Ende des Julius nahm er ab, kehrte aber mehrmals zurück und verschwand zuletzt in Kopenhagen gegen Ende des September. Während dieser ganzen Zeit war die Luft sehr trocken, was auch durch die Hygrometerbeobachtungen in Berlin und Halle während des Höherauchs im Jahre 1834 bestätigt wird. Mehrere Beobachter wollten fremdartige, namentlich saure, Beimengungen gefunden haben, doch sind diese Erfahrungen von eben so geringem Werthe, als die wenigen Messungen der Luftpolelectricität. Eben so soll er Schuld an dem Brande im Getreide gewesen seyn, so wie an mehreren Krankheiten der Pflanzen, doch kehren diese in manchen Jahren auch ohne Höherauch zurück.

Auch in der Folge hat man öfter einen starken Höherauch bemerkt, so namentlich im Jahre 1834. Am 23. Mai sah ich ihn sehr stark auf der Victorshöhe im Harze, an demselben Tage kam er bei ziemlich heftigem Nordwinde nach Basel und blieb hier 3 bis 4 Tage; am 25. Mai zeigte er sich bei heftigem Nordwinde in der Gegend von Orleans. Um dieselbe Zeit, namentlich am 21., 22. und 24. Mai, war er in der Gegend von Münster sehr stark. Noch mehrmals bemerkte ich im Laufe des Sommers einen mehr oder weniger starken Höherauch; sehr auffallend wurde er namentlich seit dem 28. und 29. Julius in Halle, Freiberg und Altenberg in Sachsen, und dauerte nun mehrere Tage fort, bis er am 2. August nach einem Gewitterregen verschwand, worauf er aber später noch an einzelnen Tagen im August zurückkehrte.

Besonders häufig ist der Höherauch im nordwestlichen Deutschland und in Holland, und hier leitete ihn Fiske aus

dem Moorbrennen ab. Um nämlich die Moore zur Cultur vorzubereiten, wird ihre Oberfläche im Herbst umgehackt, damit die Schollen während des Winters austrocknen können. Ist dann der Mai trocken, so werden diese Schollen angezündet, wobei dafür zu sorgen ist, daß das Ganze viel Rauch aber wenig Flamme entwickle. Je trockener der Boden und die Luft sind, desto besser gelingt die Arbeit, während Regen sehr nachtheilig ist. Auch während des Sommers gerathen große Flächen oft von selbst in Brand. Die Menge der Producte des Verbrennungsprozesses, welche auf diese Art in jenen Gegenden in die Höhe steigen, mag jährlich vielleicht 1800 Millionen Pfund betragen.

Alle Erfahrungen in jenen Gegenden zeigen ganz bestimmt, daß der Höherauch dort mit dem Moorbrennen zusammenhänge. Ist die Luft sehr trocken, so schwebt der Rauch lange in der Atmosphäre und kann also von Winden weit getrieben werden. Stets aber kommt dort der Wind von den Mooren, wenn der Höherauch sich zeigt, und mehrmals hat man das Vordringen des Rauches von den Mooren aus deutlich verfolgt.

Der starke Höherauch, welcher im Jahre 1854 in einem großen Theile von Europa sichtbar war, rührte wahrscheinlich ebenfalls theils von Moorbränden, theils von den vielen Feuerbrünsten in jenem Jahre her. Am Ende des Mai, wo der Höherauch im Harze, in Basel und in der Gegend von Orleans sichtbar war, fanden zugleich mehrere bedeutende Moorbrände Statt, namentlich brannte das Dachauer Moos in Baiern 8 Fuß tief, selbst unter den Wassergräben fort, eben so geriethen im Münsterischen und Hannoverschen mehrere große Torfmoore in Brand. Späterhin, im Julius, folgten fürchterliche Moor- und Waldbrände in verschiedenen Gegenden, so bei Berlin, in Preußen, Pithhauen, Schlessien, Schweden, Rußland. Die große Dürre des Jahres begünstigte nicht bloß die Entstehung, sondern auch die Ausbreitung des Feuers nebst der weiten Bewegung des Rauches.

Wahrscheinlich müssen wir aus derselben Ursache auch das eigenthümliche Ansehen der Luft im Herbst ableiten. An schönen Tagen nämlich, wo die Atmosphäre eine große Trockenheit hat, ist die Luft wenig durchsichtig, entfernte Gegenstände erscheinen undeut-

lich, gerade so, als wenn sie durch einen dünnen Nebel verhüllt würden. Da man in vielen Gegenden um diese Zeit theils das Unkraut, theils die Stengel der Kartoffeln verbrennt, so ist dieses wahrscheinlich ebenfalls Rauch, welcher sich weit durch die Atmosphäre verbreitet.

Dürfen wir aber den Höherauch von 1783, welcher sich über einen großen Theil des alten Continents erstreckte, aus derselben Ursache ableiten? Bereits zur Zeit, wo er sich zeigte, wurden verschiedene Hypothesen zu seiner Erklärung aufgestellt. So sagt Lalande, die Menge der Electricität, welche nach einem feuchten Winter durch die große Sommerhitze entwickelt worden ist, habe denselben erzeugt; Cotte meint, es seyen mineralische Ausdünstungen, begleitet von electrischer Materie, in Folge der großen Hitze und der vielen Erdbeben aus den Bergen aufgestiegen; Muret und Castelli lassen Wasserdämpfe mit einer übergroßen Menge electrischer Materie aus der Erde sich erheben und verdichten. Noch mehrere andere Naturforscher haben sowohl jenen Höherauch als auch später ähnliche Phänomene aus der Electricität abgeleitet, ohne daß ich begreifen kann, wie letztere eine solche Erübung der Atmosphäre erzeugen kann; auch hat namentlich Weltmann gezeigt, wie mehrere dieser Erscheinungen mit dem Moorbrennen in Westphalen im innigsten Zusammenhange standen.

Da in jenem Jahre das heftige Erdbeben in Calabrien und eine vulcanische Eruption auf Island Statt fand, so waren mehrere Naturforscher geneigt, den Höherauch mit diesen Ereignissen in Verbindung zu setzen. In der That gehören diese beiden Begebenheiten zu den größten Wirkungen der Vulcane, von denen wir historische Nachrichten besitzen; man kann zu Gunsten dieser Ansicht noch anführen, daß mehrmals in Jahren, in denen starker Höherauch die Atmosphäre erfüllte, auch die Vulcane thätig waren, wie 526, 1721, 1822 und 1854, obgleich freilich mehrmals der Höherauch der Eruption vorausging. Aber sind wir deshalb berechtigt, vulcanische Eruptionen für die unmittelbare Ursache des Höherauches zu halten? Hat gleich die dunkle Säule, welche sich über den Vulcanen erhebt, eine große Aehnlichkeit mit einer Rauchsäule, so haben genauere Untersuchungen doch erwiesen, daß dieselbe aus condensirtem Wasser-

dampf und vulcanischer Asche bestehe, denen noch einige andere, ebenfalls durchsichtige Gase in größerer oder geringerer Menge beigemengt sind; von einem eigentlichen Rauche hat noch kein Beobachter eine Spur gefunden. Wenn sich aber die Lava über dem Boden fortbewegt, so wird alles, was der Feuerstrom findet, verkohlt, und eine Menge von Rauch erhebt sich in die Atmosphäre. Erwägen wir nun die ungeheure Menge von Pflanzen, welche in Island zugleich mit 17 Dörfern verbrannt wurden, so wird begreiflich, daß der Rauch, welcher hier als eine Wirkung der über den bewachsenen Boden fortfließenden Lava angesehen wird, von den zu jener Zeit vorherrschenden nördlichen Winden über einen großen Theil von Europa fortgeführt werden konnte. Dazu kommt, daß in jenem trockenen Sommer wahrscheinlich Wald- und Moorbrände eben so häufig waren, als dieses in trockenen Sommern gewöhnlich der Fall ist, und daß diese vielleicht zur Verstärkung der Erscheinung dienten; aus dieser Ursache dürfte wohl auch der eigenthümliche Geruch in manchen Gegenden, besonders in Holland abzuleiten seyn.

Man schreibt dem Höherauche besonders im nordwestlichen Deutschland eine große Einwirkung auf die Witterung zu; namentlich leitet man von ihm die Häufigkeit der Nordwinde zur Zeit seines Erscheinens her, eben so soll er Regen und Gewitter vertreiben und Kälte erzeugen. Gewiß ist es, daß die Erscheinungen sich zur Zeit des Moorbrennens so ereignen, wie eben gesagt wurde, ob dieselben aber eine Folge des Moorbrennens seyen, das glaube ich bezweifeln zu dürfen. Die in jenen Gegenden herrschende Ansicht hat ihren Grund darin, daß man ein allgemeines Phänomen einseitig von einem localen Standpunkte aus betrachtete. Eben so glaubt man z. B. an der Küste von Pommern, daß die Kälte, welche im Sommer oft plötzlich mit Nordwinden eintritt, ihren Grund in der Nähe der See habe, und giebt dort der letztern viele Dinge Schuld, aber diese Winde sind im südlichen Deutschland noch eben so unangenehm. Wenn Nordwind und kalte Nächte im Mai mit starkem Höherauche gleichzeitig sind, so liegt der Grund darin, daß man zum Moorbrennen ein trockenes Wetter wählt, dann aber herrschen gewöhnlich Nordwinde und in den heiteren Nächten erkaltet der Boden durch starke Wärmestrahlung. Diese Winde, kalten

Nächte, Trockenheit der Luft und Mangel an Regen zeigen sich allenthalben in Deutschland, und die jungen Pflanzen, welche noch eine geringe Lebenskraft haben, leiden von diesen Umständen sehr viel. Was dagegen die Zerstreuung und Auflösung der Gewitter bei der Ankunft des Höherauchs, ja eine Auflösung der Gewitter in Höherauch betrifft, so möchte ich fast vermuthen, daß dunkle Massen von Höherauch am Horizonte für Gewitterwolken gehalten sind, welche dann bei ihrer Ankunft zum Beobachter in ihrer eigenthümlichen Natur auftreten.

Sternschnuppen und Meteorsteine.

Zu den Erscheinungen, welche sich in heiteren Nächten sehr häufig beobachten lassen, gehören die Sternschnuppen. An einer Stelle des heitern Himmels taucht ein Lichtpunkt in Gestalt eines größern oder kleinern Sternes auf, bewegt sich über einen Theil des Himmels fort und verschwindet dann wieder eben so plötzlich, oder das Licht nimmt am Orte des Verschwindens allmählig an Helligkeit ab. Zuweilen hinterläßt diese sich fortbewegende Masse auf ihrer Bahn keine Spur von Licht, zu andern Zeiten bleibt kurze Zeit hindurch noch ein Lichtstreifen daselbst übrig; der scheinbare Stern bleibt entweder ein einziger, oder er sprüht Funken. Werden diese Erscheinungen, welche die Alten für herabfallende Sterne hielten, größer, so bezeichnet man sie mit den Namen Feuerkugeln; Feuermeteore. Es erscheint dann ein leuchtender Punkt, ungefähr wie eine Sternschnuppe, oder ein kleines Lichtes, bald nachher sich entzündendes Wölkchen, oder ein, bisweilen auch mehrere parallele Lichtestreifen, woraus sich nachher ein weiter fortgehender leuchtender Körper zusammenballt. Dieser Körper bewegt sich mit großer Geschwindigkeit, die gewöhnlich anfangs der des Laufes der Weltkörper gleich kommt, bisweilen in Bogensprüngen weiter fort, und zwar so, daß dargen sowohl die Wirkung eines ursprünglichen Stoßes als die Anziehung der Erde zu bemerken ist; er vergrößert sich und bildet sich zu einer feurigen Kugel aus, welche Flammen, Rauch und Funken auswirft. Diese Feuerkugel zieht gewöhnlich einen Schweif nach sich, der zunächst an der Kugel aus Flammen, die sich hinterwärts zuspitzen, und weiter nach hinten

aus Rauch besteht, zuweilen auch in die Länge gezogene Theile der Substanz selbst enthält; zu andern Zeiten ist sie von kleineren Theilen begleitet, welche sich zu kleinen Feuerkugeln gestalten. Endlich zerspringt diese Kugel mit vielem Getöse und heftiger Erschütterung der Luft; bisweilen zerspringen auch wohl diese einzelnen Theile noch einmal, und dann fallen die Bestandtheile, welche vorher nicht als Rauch oder Dampf verflüchtigt waren, als Stein- oder Eisenmassen nieder. Diese Meteorsteine, Aerolithen, sind von anderer Beschaffenheit als die Steine, welche wir auf der Erde finden, und nehmen allemal einen weit kleinern Raum ein, als die vorher beträchtlich große Feuerkugel.

Höhe der Feuermeteore.

Da die Sternschnuppen und Feuerkugeln sich nur zuweilen und dann plötzlich zeigen, so wird es im Allgemeinen nicht möglich, die nöthigen Messungen zu machen, vermittelt deren ihre Höhe mit Schärfe bestimmt werden kann; indessen hat es sich doch öfter getroffen, daß zwei oder mehrere Beobachter, deren Distanz von einander hinreichend groß war, annähernd den Höhenwinkel der Feuerkugeln bestimmen konnten, woraus sich dann die Höhe derselben über der Erde ableiten ließ. Um die Höhe der Sternschnuppen zu finden, haben zuerst Benzenberg und Brandes die nöthigen Beobachtungen gemacht; sie befanden sich an zwei verschiedenen Orten und zeichneten eine jede erscheinende Sternschnuppe in eine Sternkarte, um die scheinbare Stelle und Bahn derselben zu bezeichnen; da ihnen nun die Zeit genau bekannt war, so konnten sie den Höhenwinkel mit Genauigkeit auffuchen und die Höhe mit Schärfe berechnen.

Die Entfernung der Sternschnuppen von der Oberfläche der Erde ist sehr verschieden, indem ihre Höhe zwischen einer und 30 Meilen schwankt, ja bei einigen scheint dieselbe die Größe von 100 Meilen überstiegen zu haben. In diesem Raume sind sie jedoch nicht gleichförmig vertheilt, indem nur sehr wenige eine Höhe haben, welche größer als 30 Meilen ist; die meisten bewegen sich in dem Raume zwischen 6 und 20 Meilen, und wenn wir das Mittel aller von Brandes berechneten Größen nehmen, so erhalten wir etwa 15 Meilen als mittlere Höhe.

Die meisten Sternschnuppen kommen nach unten, aber manche gehen horizontal und selbst aufwärts; man hat sogar mehrmals Sternschnuppen beobachtet, welche in einer hufeisenförmig gekrümmten Bahn erst niederwärts und dann wieder aufwärts gingen; in andern Fällen hat man eine geschlängelte Bahn gesehen, wovon Chladni in seinem Werke über Feuermeteore mehrere Beispiele anführt. Es folgt hieraus, daß diese Körper zwar der Schwere unterworfen sind, daß sie aber auch zugleich von Kräften getrieben werden, welche mächtig genug wirken können, um ihnen eine der Schwere entgegengesetzte Richtung zu geben. Die Geschwindigkeit beträgt etwa 4 bis 8 Meilen in der Secunde.

Die Angaben über die Höhe der Feuerkugeln sind sehr schwankend, ich habe in meinem Lehrbuche der Meteorologie eine Zahl einzelner Bestimmungen mitgetheilt, darnach ist die mittlere Höhe derselben etwa eben so groß als die der Sternschnuppen. Auch sie bewegen sich häufig in gekrümmten Linien, fallen nach unten, springen plötzlich wieder in die Höhe, sinken wieder, und so zeigt sich eine hüpfende Bewegung, welche an einer Seite des Horizontes anfängt und bis zur andern Seite desselben geht. Auch die Geschwindigkeit der Feuerkugeln ist etwa eben so groß als die der Sternschnuppen.

Häufigkeit der Sternschnuppen.

Erscheinen Sternschnuppen schnell nach einander, so befinden sie sich nicht selten nahe in derselben Gegend. Die Zahl derselben schätzt Benzenberg während der Stunde auf acht, zuweilen jedoch sind sie häufiger, so zählte Brandes in der Nacht vom 6. bis 7. December 1798 an 480 Sternschnuppen. Großes Aufsehen hat es aber in den letzteren Jahren gemacht, daß die Häufigkeit derselben eine Art von Periode zeigt; besonders zeichnen sich dadurch die Nächte zwischen dem 10. und 15. November und vom 10. und 11. August aus.

Zuerst sah Humboldt in Cumana während der Nacht vom 11. bis 12. November 1799 eine große Zahl derselben; sie wurden gleichzeitig in Guiana, Labrador, Grönland und in der Gegend von Weimar gesehen. Aber schon früher hatte Hemmer in Mannheim in der Nacht vom 9. bis 10. Novbr. 1787

viele Sternschnuppen gesehen; 1813 sah man am 8. November eine große Zahl derselben in England, eben so 1818 am 13. November, und 1822 am 12. November. Besonders aufmerksam wurde man indessen erst am 12. November 1832. Von 9 Uhr Abends an zeigten sich während der ganzen Nacht bis zum Anbruche des folgenden Tages Hunderte von Sternschnuppen, untermischt mit vielen kleineren und größeren Feuerkugeln. Man sah die Erscheinung in England, Frankreich, Schweiz, Deutschland, Rußland, auf Isle de France, und alle Beobachter sind voll von dem Glanze, welchen die Erscheinung zeigte. Noch ausgezeichnet scheint das Phänomen am 13. November 1833 in den vereinigten Staaten von Nordamerika gewesen zu seyn. Um 7 Uhr Abends sah Palmer zu New-Haven in Connecticut einen röthlichen Dunst, welcher anfangs unten am südlichen Horizonte erschien, allmählig aber von dieser Seite des Himmels bis zum Zenith hinauf stieg. Er war sehr dünn, verdunkelte aber doch die kleineren Sterne. Von 9 Uhr Abends an zeigten sich die Sternschnuppen, deren Zahl um etwa 4 Uhr Morgens am größten war. Eine ununterbrochene Reihe von Feuerkugeln ging raketenähnlich von einem wenige Grade südlich vom Zenith liegenden Punkte aus, in allen Richtungen gegen den Horizont. Sie begannen ihre Bahn in verschiedenen Abständen von jenem Punkte, bewegten sich aber durchweg in solchen Richtungen, daß die von ihnen beschriebenen Linien aufwärts verlängert, einen und denselben Punkt des Himmels getroffen haben würden. Um diesen Punkt, welcher nach Enke sehr nahe mit demjenigen zusammenfällt, auf welchen die Erde in ihrer jährlichen Bahn eben zuwarte, war ein kreisrunder Fleck von mehreren Graden, in welchem keine Meteore gesehen wurden. Gewöhnlich ließen die Meteore beim Herabfahren am Himmelsgewölbe einen lebhaften Lichtstreif hinter sich und bei ihrem Verschwinden explodirten sie oder lösten sich in Rauch auf. Ungeachtet aller Aufmerksamkeit hörte man dabei keinen Knall oder sonstiges Geräusch. Außer diesen distincten Massen zeigte die Atmosphäre phosphorische Linien als Gefolge eines Zuges kleiner Punkte, welche Aehnlichkeit hatten mit den Zügen, welche man im Dunkeln durch Schreiben mit Phosphor hervorbringt.

Auch in den folgenden Jahren haben sich die November-Nächte in diesen Tagen durch viele Sternschnuppen ausgezeichnet, welche immer wieder aus der Gegend des Löwen kamen, auf welche die Erde zuwarte. Ganz dasselbe gilt von den Nächten im August, besonders vom 10. bis 11., wo die Sternschnuppen regelmäßig in großer Anzahl wiederzukehren scheinen.

Auch die Feuerkugeln scheinen keinesweges zu allen Jahreszeiten gleich häufig zu seyn. Rechnen wir nämlich die Zahl in den einzelnen Monaten zusammen, so ergeben sich folgende Größen:

Januar	69	Juli	47
Februar	50	August	69
März	50	September	51
April	45	October	61
Mai	46	November	89
Juni	29	December	71

Die größte Zahl erscheint im November, die kleinste im Juni; man könnte allerdings anführen, daß im Sommer die Länge der Tage Ursache ist, daß manche Meteore dieser Art nicht gesehen werden, aber dieser Einwurf scheint dadurch widerlegt zu werden, daß die Zahl im Herbst größer ist, als im Frühling; auf den August, wo die Sternschnuppen häufig sind, fällt auch eine große Zahl von Feuerkugeln, welche die in den benachbarten Monaten bedeutend übersteigt.

Ansehen der Feuerkugeln.

Das Licht der Feuerkugeln ist häufig weit heller als das des Mondes, manche waren selbst bei Tage so glänzend, daß sie einen deutlichen Schatten warfen. Meistens ist dieses Licht weißglänzend, oder es spielt etwas ins Rothe, indessen sind auch andere Farben mehr oder weniger deutlich gesehen.

Während sie fortziehen, pflegen Flammen, Funken und Rauch nach allen Seiten auszubrechen; bei der schnellen Bewegung der Hauptmasse bleiben diese fortgeschleuderten Körper gewöhnlich etwas zurück. In einigen Fällen ist es sogar geschehen, daß Feuerkugeln im tiefsten Punkte ihrer Senkung gewisser Maßen zu erlöschen scheinen und beim Aufwärtssteigen, nach Absehung von

vielen Rauch und Dampf, mit erneuertem Glanze brannten. Wenn sie durch die Atmosphäre ziehen, blähen sie sich gewöhnlich auf, so daß sie endlich mit einem heftigen Getöse zerplagen, was Chladni für eine Wirkung der Flüssigkeiten ansieht, die sich durch die Hitze im Innern entwickeln und denen die äußere zähe Hülle nicht länger zu widerstehen vermag. Da wo kein Zerplagen bemerkt worden ist, liegt der Grund darin, daß der Beobachtungsort zu weit entfernt war, oder daß die Feuerkugeln sich von der Erde entfernt und ihren Weg im Weltraume fortgesetzt haben. Bisweilen zerplatzt eine Feuerkugel ganz, zu andern Zeiten nur theilweise, und die einzelnen Stücke bilden sich bei ihrem weitem Fortgange bisweilen zu kleinen Feuerkugeln aus, welche später ebenfalls wieder zerplagen. Bei manchen Feuerkugeln sintert die zähe Masse nach gewaltsamer Entweichung der im Innern entwickelten elastischen Flüssigkeiten wieder zusammen, bläht sich von Neuem auf und explodirt wieder, welches bisweilen wohl mehrere Male wiederholt wird. Bei Feuerkugeln, welche Bogensprünge machen, erfolgt die Explosion gewöhnlich im tiefsten Punkte der Senkung. Bei einer solchen Explosion wird gewöhnlich viel Rauch und Dampf abgesetzt, worauf man bisweilen, wenn die Stücke nicht niedergefallen sind, bemerkt hat, daß die Feuerkugel mit neuem und verstärktem Glanze weiter gezogen ist. Die Erschütterung der Luft war beim Zerplagen oft so heftig, daß Häuser gezittert haben, Thüren und Fenster aufgesprungen sind und die Begebenheit von Manchem für ein Erdbeben gehalten wurde. Zuweilen hat man nicht sowohl ein Zerspringen als ein Verschwinden oder Verlöschen bemerkt, nach Chladni deswegen, weil die vorher durch die Gase zu einem beträchtlichen Umfange blasenförmig ausgebehnte Masse nach dem Zerspringen in kleinere aber dichtere Stücke zusammengesunken ist, die wegen ihres geringen Umfanges weniger in die Augen fallen konnten, zumal da der beim Zerplagen ausbrechende Rauch und Dampf alles verhüllte.

Meteorsteine.

Nachdem die Feuerkugel zerplatzt ist, fallen die Stücke herab, deren Zahl dann oft sehr groß ist, wie bei l'Agile (26. April 1803) und bei Stannern (22. Mai 1808), doch geschieht es

auch wohl daß sie ganz herabfallen. Diese Stücke heißen dann Meteorsteine, welche stets mehr oder minder heiß zur Erde gelangen.

Die meisten Meteorsteine zeigen in der Totalform einige Aehnlichkeit. Nach Schreibers findet man eine gewisse Grundform, die sich vorzüglich auf ein ungleichseitiges, dreiseitiges oder vierseitiges Prisma und eine verschobene Pyramide zu beschränken scheint und welche sich sogar an sehr unregelmäßigen Stücken erkennen läßt. Von Außen sind sie mit einer schwarzen oder schwärzlichen Rinde umgeben, welche aus denselben Stoffen zu bestehen scheint, als das Innere, nur in einem der Verwitterung ähnlichen Zustande. Diese Rinde, deren Dicke selten $\frac{1}{4}$ Linie übersteigt, zeigt an verschiedenen Steinen, zuweilen bei demselben Steine an verschiedenen Stellen, einige Ungleichheiten. An den meisten ist sie schwarz und wenig glänzend; an andern ist sie mehr schwarzbraun und ohne Glanz; oder schwarzbraun und glänzend, gleich als wenn der Stein lackirt wäre; an einigen ist sie schwärzer und mehr matt metallisch glänzend, fast wie von geschmolzenem und wenig oxydirttem Eisen; an einigen ist sie mehr perlartig glänzend, an andern rauh u. s. w. Zuweilen ist die Rinde so hart, daß sie mit dem Stahle Funken giebt. Bei manchen Steinen finden sich auch im Innern Lager, Adern und tropfenähnliche Flecken von einer der Rinde ähnlichen Substanz, wahrscheinlich hatte sich letztere bereits gebildet, als im Innern der weichen Masse eine neue Gährung entstand, wodurch ein Theil der Rinde nach Innen kam. Diese Rinde hat durchaus keine Aehnlichkeit mit einem vulcanischen Producte, und selbst nur dann, wenn wir die Steinfragmente dergestalt schmelzen, daß die atmosphärische Luft keinen Zutritt hat, vermögen wir einen ähnlichen Uebergang hervorzubringen; welcher von den Stoffen aber vorzüglich dazu beitrage, läßt sich nicht mit Bestimmtheit sagen. Auch das Innere dieser Steine weicht von allem ab, was wir auf der Erde finden. Nach den Vergleichen von G. Rose bestehen einige von ihnen aus einer dichten, meistens grauen Hauptmasse, bei welcher man außer fein eingesprengtem gediegenen Eisen mit bloßen Augen keine weiteren Gemengtheile erkennen kann, andere dagegen bestehen deutlich aus verschiedenen Gemengtheilen, von denen die eine Klasse weiß, wahrscheinlich

Kämpf Vorles. üb. Met.

Labrador, die andere bräunlich ist, und ganz mit den Augiten in den Gesteinen der Erdrinde übereinstimmt.

Wird ein Meteorstein zu feinem Pulver zerrieben, so kann man vermittelt eines Magneten oft gegen 20 Prozent Eisen und Nickeleisen ausziehen. Wird dann der Rückstand der chemischen Analyse unterworfen, so findet man die folgenden einfachen Körper: Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel, Phosphor, Kohle, Kiesel, Chrom, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen, Mangan, Nickel, Kobalt, Kupfer und Zinn. Nach Berzelius sind diese 18 Elemente zu folgenden Körpern mit einander verbunden:

1) gediegenes Eisen, welchem kleine Mengen von Nickel, Kobalt, Magnesium, Mangan, Zinn, Kupfer, Schwefel und Kohle beigemengt sind.

2) Schwefeleisen, wahrscheinlich dergestalt zusammengesetzt, daß ein Atom Eisen und ein Atom Schwefel mit einander verbunden sind.

3) Magneteisenstein.

4) Meteor-Olivin, etwa die Hälfte dessen, was nach Ausziehung der magnetischen Bestandtheile vermittelt eines Magneten übrig bleibt. Seine Zusammensetzung ist nahe dieselbe als die der Olivine in den Gesteinen der Erde.

5) In Säuren unlösliche Verbindungen von Kiesel (Silicate), von Talkerde, Kalk, Eisenoxydul, Manganoxyd, Thonerde, Kali und Natron, in denen der Sauerstoff der Kieselerde das Doppelte von dem der übrigen Körper ist und welche wahrscheinlich mehr als ein Mineral bilden, nämlich ein pyroxenartiges und ein leucitartiges.

6) Chromeisen, zwar nur in geringer Menge, aber ein beständiger Begleiter der Meteorsteine.

7) Zinnoxyd.

Eisenmassen.

Die herabfallenden Massen, welche stets einen großen Theil von Magneteisen enthalten, bestehen zuweilen fast ganz aus letzterem, doch sind die Fälle, wo gediegenes Eisen herabfällt, weit seltener als die übrigen. Ein Ereigniß dieser Art wurde am 26. Mai 1751 bei Pradschina im Ugamer Comitae beobachtet,

indem zwei Eisenmassen herabfielen, von denen die eine 71, die andere 16 Pfund wog. Auch in anderen Gegenden der Erde hat man solche Massen gefunden, von denen es zwar nicht erwiesen ist, daß sie herabgefallen seyen, deren Ansehen und chemische Zusammensetzung aber so sehr mit den eigentlichen Meteor Massen übereinstimmt, daß wir ihnen einen ähnlichen Ursprung kaum absprechen dürfen. Eine der bekanntesten Massen dieser Art ist diejenige, welche Pallas im Jahr 1771 in Sibirien kennen lernte und welche die Tataren als ein vom Himmel gefallenes Heiligthum ansahen. Ihr Gewicht betrug 1400 Centner. Ähnliche Massen sind in Böhmen, Ungarn, am Vorgebirge der guten Hoffnung, in Mexico, in Peru, am Senegal, an der Baffins-Bai u. s. w. gefunden worden. Das Eisen ist bei ihnen gewöhnlich voller Höhlungen, in denen mehr oder weniger vollkommene Krystalle von Olivin sitzen. Nachdem diese Krystalle entfernt sind, enthält der Rückstand nahe an 90 Procent Eisen, mehrere Procente Nickel, so daß die übrigen Bestandtheile, welche noch darin enthalten sind, kaum Beachtung verdienen.

Entstehung der Feuermeteore.

Da diese Meteore ihren Sitz in Regionen haben, zu denen wir nicht gelangen können, so vermögen wir nichts Bestimmtes über ihren Ursprung zu sagen; der Speculation und dem Spiele der Phantasie ist hier ein weites Feld geöffnet, und derjenige, welcher Vergnügen daran findet, neue Hypothesen aufzustellen, hat hier dazu eine Gelegenheit, welche um so schöner ist, da im Allgemeinen die nöthigen Thatsachen fehlen, an denen man die Wahrheit derselben prüfen kann. In früheren Zeiten wurde nicht selten angenommen, daß Sternschnuppen aus schleimigen Materien beständen, welche aus der Atmosphäre herabfielen, und nicht selten hat man die an Flüssen vorkommende Pflanze Tremella nostoc für Sternschnuppen-Substanz ausgegeben; zu anderen Zeiten hat man den durch Wasser aufgequollenen Laich mancher Schnecken oder auch Excremente und Ueberreste mancher Thiere dafür angesehen. Chladni machte es zuerst wahrscheinlich, daß Sternschnuppen und Feuerkugeln identische, nur der Größe nach verschiedene Phänomene wären und seit der Zeit, wo er gezeigt hatte, daß Steine aus der Atmosphäre herabfallen

könnten, sind darüber vorzüglich vier Hypothesen aufgestellt worden. Es kommen dieselben nämlich entweder von den Vulkanen der Erde oder von denen des Mondes, oder sie sind Producte der Atmosphäre, oder endlich Massen, welche sich im Weltraume befinden und welche die Erde auf ihrer Bahn antrifft. Ich will hier die wichtigsten Umrisse dieser Hypothesen anführen, ohne mich jedoch weiter über ihren Werth zu entscheiden.

Vulcanische Hypothese.

Die Ansicht, nach welcher diese Steine Producte von den Vulkanen unserer Erde seyn sollen, ist zwar im Anfange, wo man auf sie achtete, öfter ausgesprochen, aber ihre Unrichtigkeit ist auf das Bestimmteste nachgewiesen worden. Denn auch abgesehen davon, daß unsere Vulcane kaum die nöthige Kraft zu besitzen scheinen, Steine bis zu so bedeutenden Entfernungen zu schleudern, weichen die Meteorsteine ganz von den Producten der Vulcane ab.

M o n d s t e i n e.

Einer zweiten Ansicht nach sind die Meteorsteine Producte der Mondsvulcane, und verschiedene Mathematiker haben sich bemüht, die Möglichkeit derselben nachzuweisen. Gesezt nämlich, es würde genau in der Linie, welche die Mittelpunkte von Erde und Mond verbindet, von der Oberfläche des letztern ein Stein in die Höhe geschleudert, so wird dieser zugleich vom Monde und von der Erde angezogen, aber so lange er sich in geringer Entfernung von dem Monde befindet, zieht dieser ihn stärker an, als die Erde, seine Bewegung wird langsamer, und wosern er keine große Geschwindigkeit hat, hebt der Mond diese Bewegung endlich auf, er kommt zur Ruhe und fällt gleich darauf wieder zurück, eben so wie wir es auf der Erde an jedem Steine sehen, den wir in die Höhe werfen. Gesezt aber, die Geschwindigkeit des auf dem Monde in die Höhe geschleuderten Steines wäre sehr groß, so ist es möglich, daß er sich so weit vom Monde entfernt, daß die Anziehung der Erde größer wird, als die unseres Trabanten, und dann wird der Stein zu uns kommen können. Eine nähere Rechnung zeigt, daß, wenn der Stein im Anfange seiner Bewegung mehr als 8000 Fuß in der Secunde durchläuft, er

zur Erde gelangen könne und daß er zu dieser Reise etwa $2\frac{1}{2}$ Tage gebrauche.

Wird dadurch gleich die Möglichkeit eines solchen Ursprunges erwiesen, so hat es doch nach Olbers sehr große Schwierigkeiten, wenn man im Ernste diese Hypothese durchführen will. Nehmen wir zugleich auf die Bewegung des Mondes Rücksicht, so hat der von ihm fortgeschleuderte Körper außer der Wurfgeschwindigkeit auch noch die Geschwindigkeit, die der Mond selbst nach der Tangente seiner Bahn hat. Ziehen wir diese mit in Betrachtung, so folgt daraus, daß die schweren Körper, die vom Monde fortgeschleudert werden, dann, wenn sie sich der Erde nähern und von ihr stärker angezogen werden, eine krumme Bahn um sie beschreiben; soll dann, ein solcher Körper auf die Erde fallen, so ist ein sehr bestimmtes Verhältniß in der Richtung und Geschwindigkeit des Steines nöthig, und es können unter diesen Umständen nur sehr wenige zur Oberfläche der Erde gelangen. Auch die von Brandes aufgefundenen Geschwindigkeit von 4 bis 6 Meilen in der Secunde spricht nach Olbers gegen diese Ansicht. Wenn der Stein nämlich vom Monde mit einer Geschwindigkeit von etwa 8000 Fuß in der Secunde aufwärts geschleudert wird und sich nun gegen die Erde bewegt, so kommt er hier mit einer Endgeschwindigkeit von etwa 35000 Fuß an. Da nun die Feuerkugeln in der Secunde einen Weg von etwa 5 Meilen oder 114000 Fuß durchlaufen, so müssen sie, falls dieselbe auf diese Weise entstehen könnte, vom Monde mit einer Geschwindigkeit von mehr als 100000 Fuß in der Secunde aufwärts geschleudert seyn, was man doch für ganz unmöglich halten muß.

Atmosphärische Hypothese.

Andere Naturforscher haben angenommen, daß diese Feuermeteore Producte unserer Atmosphäre wären, und obgleich sich Ehladni stets sehr entschieden gegen diese Ansicht ausgesprochen hat, so haben doch noch später besonders Egen, E. G. Fischer und Ideler dieselbe zu vertheidigen gesucht. Besonders führt der erstere dieser Gelehrten mehrere wichtige Argumente zu Gunsten dieser Hypothese an, von denen ich hier einige mittheilen will. Es ist nämlich gewiß, daß selbst von Metallen eine große Menge von Dünsten in die Höhe steigt, und wenn die chemische

Analysen diese nicht nachweist, so liegt der Grund darin, daß ihre Zahl in einem kleinen Raume zu gering ist. Nur aus den Hütten zu Clausthal steigen jährlich über 200000 Centner Dämpfe in die Höhe, und diese sind vorzüglich Wasser, Blei, Eisen, Zink, Schwefel, Spießglas und Arsenik. Mehrere dieser Metalle sind auch von K. Brandes und Zimmermann im Regenwasser aufgefunden worden. Sodann stützt sich Egen vorzüglich auf die Phänomene, welche man bei der Bildung der Feuerkugeln beobachtet hat. Entweder trübte sich der Himmel durch eine dunkle oder glänzende Wolke, oder helle Streifen vereinigten sich zu einer einzigen Masse. Wir müssen daher annehmen, daß irgend eine Naturkraft, deren Wirksamkeit mit Licht verknüpft ist, die Ursache zu der Vereinigung der Dämpfe in den höheren Regionen wird, indem diese sich eben so verbinden, als die Wasserdämpfe zu Wolken, und daß zugleich Kräfte einwirken, welche die gebildeten Körper nach Richtungen treiben, welche von der der Schwere abweichen. Eine solche Naturkraft scheint ihm die Electricität zu seyn. Egen betrachtet nun ausführlicher die einzelnen Umstände, welche sich während der Bewegung zeigen, und leitet sie mit großem Scharfsinne aus dieser Hypothese ab; besonders stützt er sich noch auf die Thatfache, daß Feuerkugeln dann häufig sind, wenn die Witterung einen ungewöhnlichen Charakter hat, obgleich man allerdings auch sagen kann, daß dann die Phänomene mehr beachtet werden, als zu anderen Zeiten. Die größte Schwierigkeit scheint mir bei derselben stets darin zu liegen, daß man nicht recht einsieht, wie diese in einem großen Raume locker zerstreuten Dämpfe sich zu so ungeheuern Massen vereinigen und woher sie ihre Geschwindigkeit haben sollen. Andere Einwürfe, welche Chladni gegen diese Ansicht erhob, wie namentlich der Umstand, daß man die sprungweise Bewegung mancher Feuerkugeln nicht erklären könne, fallen weg, wenn man den Widerstand der Luft und die Reaction des ausströmenden Dampfes beachtet, da eine jede Rakete uns ähnliche Phänomene zeigt.

Kosmische Hypothese.

Noch bevor man wußte, daß mit den Feuerkugeln Stein- und Eisenmassen herabfielen, hatten Palley, Wallis, Bergs-

mann u. a. diese Meteore für Massen gehalten, welche im Weltraume umherziehen und welche von der Erde angetroffen und angezogen würden. Für diese Ansicht sprach sich auch Chladni sogleich im Anfange seiner Untersuchungen aus, und in der Folge hat er sie stets vertheidigt. Sehen wir sie demnach als kosmisch an, so sind nach Chladni zwei Fälle möglich; sie sind entweder Haufen von Materie, die für sich bestanden und noch nie einem größern Weltkörper angehört hatten, oder sie sind Trümmer eines zerstörten Weltkörpers. Obgleich beide Vorstellungen möglich sind, so hält Chladni doch die erste dieser Ansichten für wahrscheinlicher.

Mehrere Erfahrungen sprechen dafür, daß in dem Weltraume außer den größeren Weltkörpern noch viele kleinere, mit einer eigenen Bewegung begabte Massen vorhanden sind. Es gehören dahin die Lichtpunkte und Lichtfäden, welche die Astronomen öfter durch das Fernrohr sehen sahen, besonders aber die dunkeln Massen, welche man während des Tages vor der Sonne vorüberziehen sah, und welche oft eine sehr bedeutende Größe besaßen. Diese zerstreuten Massen sind nach Chladni wahrscheinlich Haufen von Urmaterie, welche im Weltraume zerstreut den Stoff zur Bildung der Himmelskörper hergeben; eben so glaubt er, daß viele von den Nebelflecken, welche sich durch die stärksten Fernrohre nicht in einzelne Sterne auflösen lassen, und an denen man doch sehr bedeutende Aenderungen der Gestalt bemerkt hat, nichts anderes sind, als eine solche in sehr lockerem Zustande durch ungeheure Räume verbreitete leuchtende Materie. Von diesen zuletzt erwähnten Massen unterscheiden sich wahrscheinlich die Kometen durch ihre Kleinheit, ihr isolirtes Daseyn und mitunter auch wohl durch größere Dichtigkeit. Letztere sind seiner Ansicht nach wahrscheinlich nichts anderes, als wolkenähnliche Haufen von ganz oder größtentheils staub- oder dunst-ähnlichen Massen, welche durch die gegenseitige Anziehung der Theile zusammengehalten werden. Diese geringe Dichtigkeit der Kometen geht nicht bloß aus der Anziehung zwischen ihnen und den Planeten, in deren Nähe sie fortgehen, sondern auch daraus hervor, daß man Fixsterne durch ihren Kern hindurch gesehen hat.

Es ist sodann aber auch möglich, daß diese Massen von zerstörten Weltkörpern herrühren. Daß Weltkörper zerstört werden können, ist wohl keinem Zweifel unterworfen, und mehrere Erfahrungen scheinen zu zeigen, daß Begebenheiten dieser Art wirklich Statt gefunden haben. Wenn man Sterne mit großer Helligkeit erscheinen, kurze Zeit leuchten und dann wieder verschwinden sah, so beweist dieses nach Chladni einen großen Brand eines unter die Fixsterne zu setzenden Körpers. Dahin gehört der Stern, welcher im Anfange des 11ten Jahrhunderts im Zeichen des Widbers drei Monate lang sehr hell mit veränderlichem Lichte glänzte und dann verschwand; der große helle rothe Stern, welcher im Jahre 1245 um den Himmelfahrtstag gegen Süden ungefähr im Steinbock erschien und gegen Ende des Julius an Licht und Helligkeit mehr abnahm; der von Kepler beobachtete Stern im Schlangenträger, welcher vom 10. October 1604 bis in den October 1605 sichtbar war. Eben dahin gehört der helle Stern, welcher in den Jahren 945, 1264 und 1572 in der Cassiopeja gesehen wurde. Wenn sich um einen solchen Körper Planeten und Kometen bewegen, so muß eine so große und plötzliche Entwicklung von Licht und wahrscheinlich auch von Wärme auf diese sehr gewaltige Wirkungen äußern. Denn wenn die von Innen wirkende, zersprengende Kraft eines Weltkörpers größer wird, als die Anziehung seiner Theile, so kann derselbe zerstört werden, wie vielleicht die vier Planeten Ceres, Pallas, Juno und Vesta nur Bruchstücke eines zerstörten Körpers sind. Geschieht aber dieses, so wird einleuchtend, daß noch eine große Zahl kleinerer Stücke losgerissen wird.

Welcher von diesen beiden Ansichten wir auch bestimmen mögen, so ist so viel gewiß, daß die periodische Rückkehr einer großen Zahl von Sternschnuppen, welche alle aus demselben Punkte zu kommen schienen, ohne an der Bewegung der Erde Theil zu nehmen, dem kosmischen Ursprunge dieser Massen ein großes Gewicht giebt. Wir müssen also nothwendig annehmen, daß außer Planeten und Kometen noch Millionen kleinerer Körper um die Sonne laufen, die uns nur dann sichtbar zu werden scheinen, wenn sie in die Atmosphäre der Erde treten und sich darin entzünden. Der bei weitem größte Theil dieser kleinen Körper verläßt wahrscheinlich die Atmosphäre der Erde wieder,

um den Umlauf um die Sonne weiter fortzusetzen. Zwar scheinen diese Massen allenthalben im Weltraume zerstreut zu seyn, aber es giebt gewisse Gegenden des Himmels, wo sie häufiger sind und welche man gewissermaßen als Heerstraßen für Millionen dieser Asteroiden ansehen kann. Dahin gehören die Gegenden, durch welche die Erde sich um den 10. August und den 13. November bewegt. Aber auch auf diesen Bahnen sind die Körper nicht in gleicher Menge vorhanden, ja nehmen wir mit Olters an, daß sie ihren Umlauf um die Sonne in 5 oder 6 Jahren vollenden, so würde daraus folgen, wie die Erde in den gedachten Jahreszeiten zwar stets eine größere Menge von ihnen antrifft, wie aber einige Jahre wie 1799 und 1833 sich durch eine ungewöhnlich große Zahl davon auszeichnen.

Wird es nun freilich begreiflich, wie auf diese Weise diese Körper von der Erde angetroffen werden können, so bleibt doch noch eine große Menge von Schwierigkeiten übrig, um besonders die Art der Entzündung zu begreifen. Chladni glaubt, daß diese Massen dann, wenn sie auf die Atmosphäre unserer Erde treffen, einen Widerstand finden, welcher Ursache der sprunghaften Bewegung ist und um so größer wird, da die ankommenden Körper ursprünglich ein Volumen haben, welches vielfach größer ist, als das der zur Erde kommenden Steine, woraus wir nothwendig auf eine geringe Dichtigkeit der Feuerkugel schließen müssen. In Folge dieses Widerstandes entsteht auch die Erhitzung und Entzündung des Körpers. Dieser comprimirt die vor ihm befindliche Luft und dadurch wird eine so große Hitze erzeugt, daß er selbst glühend wird; wenn man auch dagegen den Einwurf machen könnte, daß die Luft in jenen großen Höhen so dünn sey, daß die durch Compression erzeugte Wärme keinen bedeutenden Grad erreichen könne, so muß dagegen die große Geschwindigkeit in Anschlag gebracht werden. Zu dieser Erhitzung trägt außer der Compression nach Parrot vielleicht noch die Einwirkung des Wasserdampfes auf die Verbindungen der Metalle mit Schwefel bei; ja es wäre sogar möglich, daß die Meteorsteine ursprünglich als Bestandtheile die Metalle Silicium, Magnesium, Calcium, Kalium u. s. w. enthielten und daß diese Metalle sich erst beim Eintritt in unsere Atmosphäre durch den vorgefundenen Wasserdampf in Kiesel-, Zink-, Kalkerde, Kali u. s. w.

verwandelten: ein Prozeß, bei welchem stets eine bedeutende Hitze entwickelt wird, welche eine Verbindung mit der durch Compression erzeugten Wärme wohl im Stande wäre, diese Körper bis zum Glühen zu entzünden. Vielleicht mögen in ihnen andere, weit brennbarere Stoffe vorhanden seyn, welche aber bereits in der Atmosphäre verschwinden, bevor sie zur Oberfläche der Erde gelangen. Darüber etwas Bestimmtes auszusprechen ist völlig unmöglich, da wir nicht nach jenen Regionen gelangen können, wo der Anfang der Entzündung Statt fand.

Alphabetisches Register.

A.

Abendröthe 491. 496.
Absorption des Lichtes 482. der Wärme 13. 182.
Abstoßung, electricische 381.
Abweichung der Magnetnadel 540.
Aenderungen 544. bei Polarlichtern 558.
Aequator, Windverhältnisse 50. Temperatur 221. magnetische 542.
Aerolithen 571.
Aether, Schwingungen erzeugen das Licht 476.
Aktinometer 185.
Alpen, Glühen derselben 496.
Anemometer 38.
Anziehung, electricische 381.
Atlantisches Meer, Einfluß auf die Winde 51. auf die Temperatur 218.
Atmosphäre, physische Beschaffenheit 76. chemische Zusammensetzung 81. Höhe 498.
Ausfochen des Barometers 276.

B.

Barometer, Erfindung 268. Ausfochen 276. Scale 277. Temperaturcorrection 278. Tägliche Schwankungen 284. Zusammenhang der Variationen mit der Luftwärme 301. mittlerer Stand 317. am Meere 318. in verschiedenen Jahreszeiten 320. Unregelmäßige Schwankungen 325. bei verschiedenen Winden 327. Gleichzeitiger Stand an verschiedenen Orten 333. bei Regen 348. bei Stürmen 364.

lebhafteste Bewegungen deuten ungewöhnliche Witterungsverhältnisse an 372. bei Gewittern 405. bei Hagel 457.
Beobachtung 2.
Blitz 405. Geruch dabei 415. Wirkungen 412.
Blitzableiter 414.
Blitzröhren 415.
Boden, Temperatur 235.
Bora 68.
Brechung des Lichtes 476. für verschiedene Farben 479. in der Luft 501. in Regentropfen 532. Minimum in Prismen 523.
Brodegespenst 512.

C.

Calmen, Region der 51.
Capacität für Wärme 14.
Cantor und Pollux 443.
Celsius, Thermometerscale 9.
Centesimal scale des Thermometers 9.
Chamassin 68.
Compression der Luft 78.
Condensation des Dampfes 79.
Condensator der Electricität 390.
Continentalclima 179.
Cyanometer 488.

D.

Dampf 77. Condensation 79. Elasticität 79. Gewicht 91. Latente Wärme 92. Menge zu verschiedenen Tageszeiten 101. in der Höhe

und Tiefe 108. 115. zu verschiedenen Jahreszeiten 111. in verschiedenen Gegenden 112. bei verschiedenen Winden 119. Hutton's Gesetz für die Condensation 125. Einfluß auf die täglichen Schwankungen des Barometers 311, und den Barometerstand in verschiedenen Monaten 322. Electricität desselben 392.

Dampfmenge, absolute und relative 97.

Dämmerung 491.

Dänemark, Windverhältnisse 60.

Declination der Magnetnadel 540.

Deutschland, Windverhältnisse 60. Regenverhältnisse 175. Temperaturvertheilung 206.

Diaphanometer 484.

Diathermane Körper 182.

Differentialthermometer 302.

Donner 407.

Drache, electrischer 389.

Drehung der Winde nach Dove 63,

nachgewiesen beim Hygrometer 125.

Wolken 147. Regen 172. Temperatur 196. Barometer 331.

Drosometer 129.

Durchsichtigkeit der Luft 483.

G.

Eisen, Massen von gediegenem 578.

Elasticität der Gase 75. 78. 271.

Electricität, Anziehung und Ab-

stoßung 381. Vertheilung 387.

der Luft, Ursache 391. bei heis-

term Himmel 394. bei Regen 400.

bei Gewittern 431. bei Hagel 459.

bei Nordlichtern 557.

Electrometer 388.

St. Elmsfeuer 443.

England, Windverhältnisse 60. Re-

gen 175. Temperaturvertheilung

204.

Erde, ihr Inneres soll Winde aus-

athmen 44. 272. Einfluß ihrer

Drehung auf die Winde 48. Tem-

peratur 187. in der Tiefe 188.

Magnetismus 541.

Greifische Winde 57.

Europa, Regenverhältnisse 171.

F.

Fahrenheit, Thermometerscale 10.

Farben 478. 483.

Feuchtigkeitszustand 97.

Feuerfugeln 571.

Föhn in den Alpen 46.

Frankreich, Windverhältnisse 60. Re-

genverhältnisse 175. Temperatur-

vertheilung 204.

Fulguriten 415.

Fundamentaltipunkte des Thermome-

ters 9.

Funke, electrischer 392.

Funkeln der Sterne 502.

G.

Gallego, Wind 68.

Gas 74. Durchdringung 85. Ela-

sticität 75. 78. 221. Schwere 266.

Gebirge, Einfluß auf die Wolken

142. Gewitter 436..

Gegensonne 512. 517.

Geräusch beim Hagel 455. bei Nord-

lichtern 556.

Getreidereggen 564.

Gewitter, ältere Ansichten 379.

Ausbildung 401. geographische

Verbreitung 417. zwei Hauptklas-

sen 425. Periodicität 427. Ele-

ctricität 431.

Gläser 257.

Glatteis 156.

Gluhen der Alpen 496.

Golfstrom, Entstehung und Tempe-

ratur 217.

Grabe des Thermometers 9.

Graupeln 445. Entstehung 462.

H.

Haarrauch 565.

Hagel 445. Windstöße bei demselben

455. Einfluß auf die Witterung

458. Entstehung 463.

Harmattan, Wind 70.

Heiderauch 565.

Heliometer 184.

Himmel, grüne Farbe 481. blaue

Farbe 487.

Hindostan, Winde 53. Regenver-

hältnisse 168.

Höhe über dem Meere, Einfluß auf

die Temperatur 34. 241. 362. täg-

liche Schwankungen des Barome-

ters 293. Farbe des Himmels 490.

Hagel 450.

Höhenmessen mit dem Barometer,

Einfluß der Winde 334.

Höherauch 565.

Hof, Eintheilung 511. großer 519.

Honigthau 133.

Hunderttheilige Thermometerscale 9.

Hydrometeore 74. Einfluß auf die

Temperatur 190.

Hygrometer 155.

Hygrometer 82. 95.

I.

Jahreszeiten in höheren Breiten 33.

zwischen den Wendekreisen 166.

Einfluß auf die Winde 65. Regen

174. tägliche Schwankungen des

Barometers 289. auf den mitte-

leren Barometerstand 320. auf

die Polarlichter 553.

Inclination, magnetische 541.

Indien, Winde 53. Regenverhält-

nisse 168.

Interferenz des Lichtes 505.

Iridifiren der Wolken 524.

Isothermische Linien 342.

Isothermen 208.

Isothermen 208.

Isothermen 224.

Italien, Regenverhältnisse 178. Ge-

witter 423.

K.

Kältepole 230.

Kimmung 507.

Klima, See- und Continental-,

176. 203.

Kranz um die Sonne 511.

Krone bei Polarlichtern 551.

Küsten, Temperatur 215.

L.

Länge, Einfluß auf die Temperatur

214.

Landrauch 565.

Landwinde 46.

Leitung der Wärme 12.

Licht, electrisches 392. Wesen dessel-

ben 475. Interferenz 505.

Lichtkranz 511.

Lichtsäule über der Sonne 527.

de Luc, Thermometerscale 9.

Luft, Ausdehnung durch Wärme 80.

blaue Farbe 487. Durchsichtigkeit

483. Elasticität 271. Schwere

76. 266.

Luftelectricität, s. Electricität.

Luftspiegelung 507.

M.

Magnetnadel 540.

Manometer 274.

Mariotte'sches Gesetz 78.

Mehlthau 133.

Meridian, magnetischer 540.

Meteorologie 1. Schwierigkeiten 2.

Art der Bearbeitung 3.

Meteorsteine 572. 573.

Mirage 572.

Mistral, Wind 68.

Mitteländisches Meer, Winde 57.

Regenverhältnisse 177.

Mittheilung der Electricität 384.

Mondsteine 580.

Moorrauch 565.

Morgenröthe 496.

Mouffons 46. 53.

N.

Nebel 134. Electricität 399. trockene

565.

Nebelbild 512.

Nebelbläschen 81. 134. Durchmesser

137. 516.

Nebensonne 519. 530.

Neigung, magnetische 541.

Niederlande, Windverhältnisse 60.

Nordamerica, Windverhältnisse 60.

Nordlicht 547. Zusammenhang mit

Wolken 548. mit der Witterung

557.

Nordöstliche Winde, ihre Häufigkeit

61.

O.

Ombrometer 155.

Orcan 38. 418.

P.

Passatwinde 46. 48. Einfluß der

Jahreszeiten 59.

Periodicität der Gewitter 427.

Petersburg, Regenverhältnisse 175.

Pluviometer 155.

Pol, Temperatur 229. magnetischer

543.

Polarlichter 539. 544.

Pothöhe, Einfluß auf die Tempera-

tur 34.

Psychrometer 98.

Q.

Quellen, Temperatur 238. Zusammenhang mit den Aenderungen des Barometers 274.

R.

Réaumur, Thermometerscale 9.
Reflexion des Lichtes 476.
Regen 154. in verschiedenen Höhen 156. ohne Wolken 164. zwischen den Wendekreisen 165. in Scandinavien 173. am mittelländischen Meere 177. Einfluß auf das Barometer 348. Electricität 400.
Regenbogen 532.
Regenmesser 155.
Regentropfen, gefrorene 156.
Reif 129.
Rückschlag, electrischer 435.
Rußland, Windverhältnisse 60. Temperaturvertheilung 207.

S.

Sättigung mit Dampf 79.
Sahara, Einfluß auf die Winde am Mittelmeere 58. auf die Regen 177.
Salpetrige Säure bei Gewitterregen 84.
Samum, Samiel, Semum, Simum 70.
Sandhofen, Sandwirbel 470.
Sauerstoffgas 82.
Scale der Thermometer 8. der Barometer 277.
Scandinavien, Regen 173. 176. Gewitter 421.
Schlagende Wetter bei Barometervariationen 272.
Schlag, kalter und heißer bei Gewittern 413.
Schnee 154. KrySTALLisation 157. Electricität 400. Ursache der Höhe 522. rothe Farbe 563.
Schneeegränze 256.
Schweden, Windverhältnisse 60.
Schwefel, Geruch bei Gewittern 415.
Schwefelregen 562.
Schwigen der Fenster 80.
Secklima 176.
Seewinde 46.
Segment, dunkles bei Polarlichtern 547.
Sibirien, Regenverhältnisse 174.
Siedepunkt 9.

Strocco 73.

Solano 73.

Sonne, Wirkung auf die Temperatur der Erde 15. 25. Schwächung des Lichtes in der Atmosphäre 634.

Sonnenrauch 565.

Sterne, Funkeln derselben 502.

Sternschnuppen 571.

Stickstoff 82.

Strahlen beim Nordlichte 550.

Schwarze dabei 551.

Strahlung der Wärme 13.

Stürme, Wechsel mit Windstillen 59.

Einfluß auf das Barometer 364.

Südlche Halbkugel, Temperatur 231.

Südlicht 547.

T.

Tageszeiten, Einfluß auf die Hagelwetter 448.

Temperatur, mittlere 17. Gang während des Tages 18. Perleuchtung des Mittels 26. Gang während des Jahres 30. zwischen den Wendekreisen 192. Einfluß der Winde 194. Extreme 200. Abhängigkeit von der geographischen Lage 214. Differenzen derselben in benachbarten Gegenden sind Ursachen der Winde 41.

Thau 129. Electricität 399.

Zhaupunkt am Thermometer 9. beim Hygrometer 96.

Thermometer 7. Scale 8. Aufhängungsart 17.

Thermometrograph 11.

Thierregen 565.

Tornados 418.

Tromben 470.

Typhonen 418.

U.

Ungern, Windverhältnisse 60.

V.

Vegetation, Ursache von Electricität 392.

Verbrennung, Ursache von Electricität 392.

Verdunstung, Ursache von Electricität 392.

Verdunstungskälte 94.

Versuch 2.

Vertheilung der Electricität 384.

Vulcane, Dampfäule über denselben 139.

W.

Wärme, ihre Wichtigkeit in der Meteorologie 7. Mittheilung 11. Leitung 12. Strahlung 13. Capacität 14. latente 92. leuchtende und dunkle 183. Absorption 182. Zusammenhang mit den Aenderungen des Barometers 382.

Wasserkälle, ihre Electricität 401.

Wasserhöfen 470.

Wasserziehen der Sonne 500.

Weltraum, Temperatur 187.

Wendekreise, Gewitter 417. Wenderstunden beim Barometer 284.

Westliche Winde, die in der Höhe vom Aequator kommen 52, später herabsinken 58.

Wetterglas 284.

Wetterleuchten 439.

Wetterseiden 436.

Wind, Wesen 36. Richtung und Bezeichnung 37. Geschwindigkeit 38. entstehen aus Temperaturdifferenzen 41. in höheren Breiten 60. Drehungsgeßez, s. Drehung. Einfluß auf den Dampf 119. Temperatur 194. 215. Regen 171. Barometer 327. Temperaturabnahme mit der Höhe 362.

Windfahne 37.

Windrichtung, mittlere 40.

Windrose, barometrische 327.

Wintergewitter 422. 437.

Witterung 1. Zusammenhang derselben auf einem großen Raume 5. 367. Zusammenhang mit Nordlichtern 557.

Wolken, Beschaffenheit und Classification 144.

Wüsten, heiße Winde in denselben 68. Luftspiegelung 509.

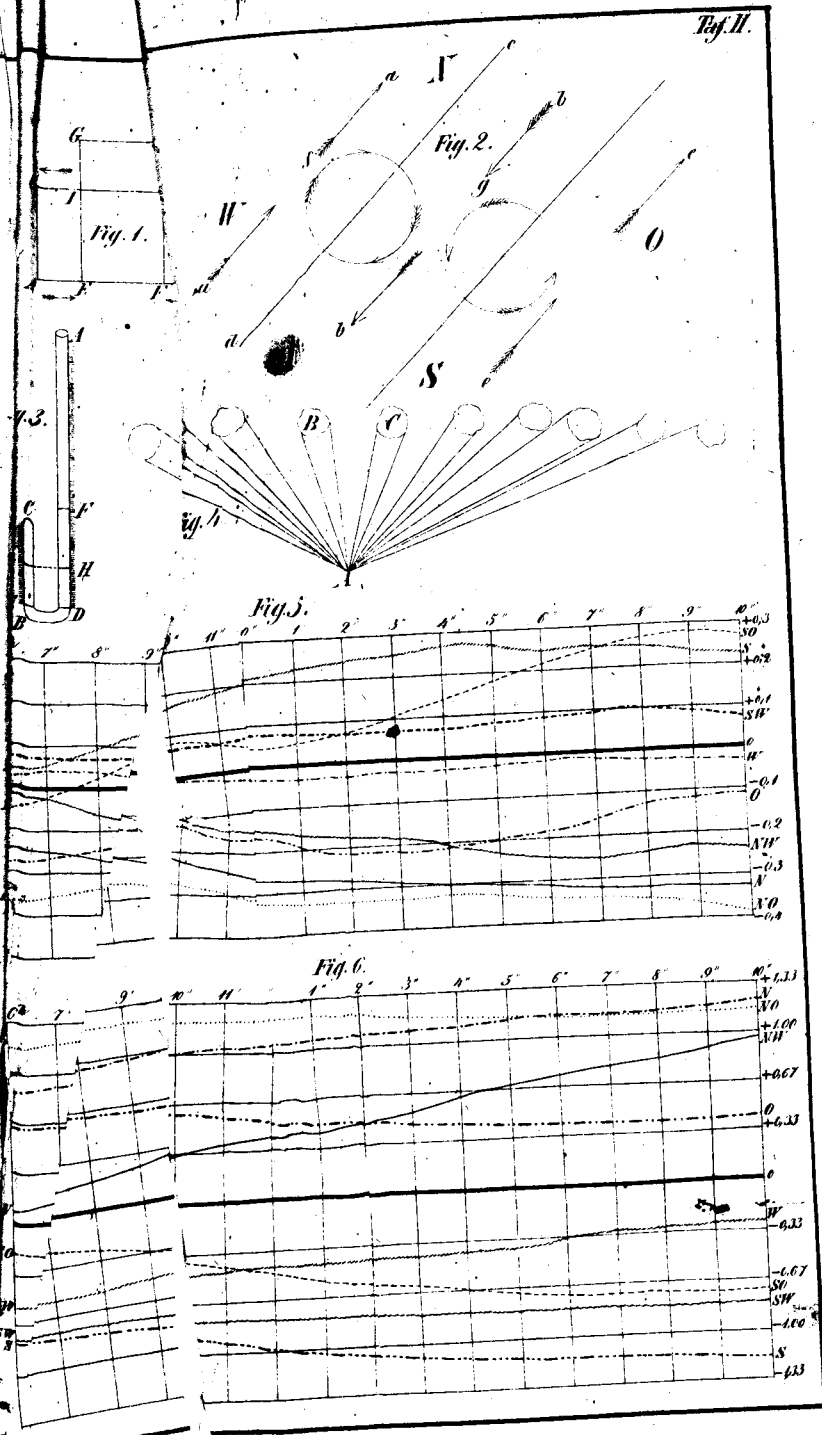
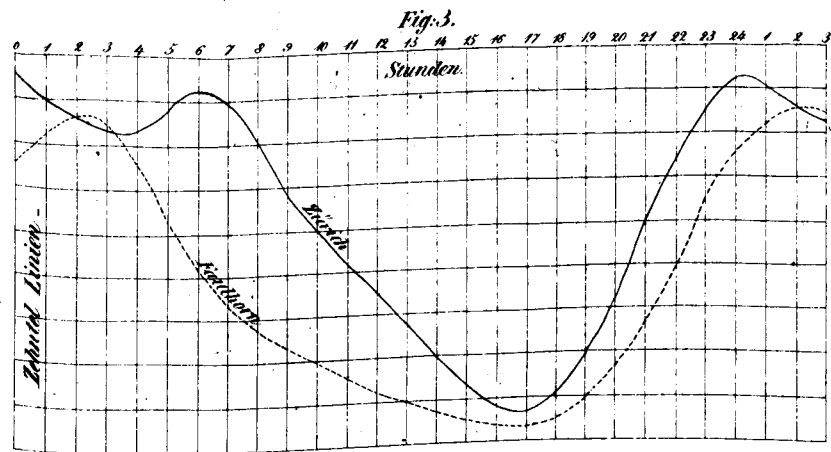
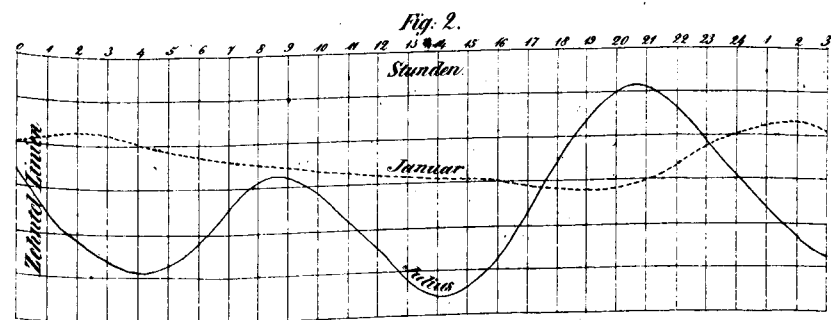
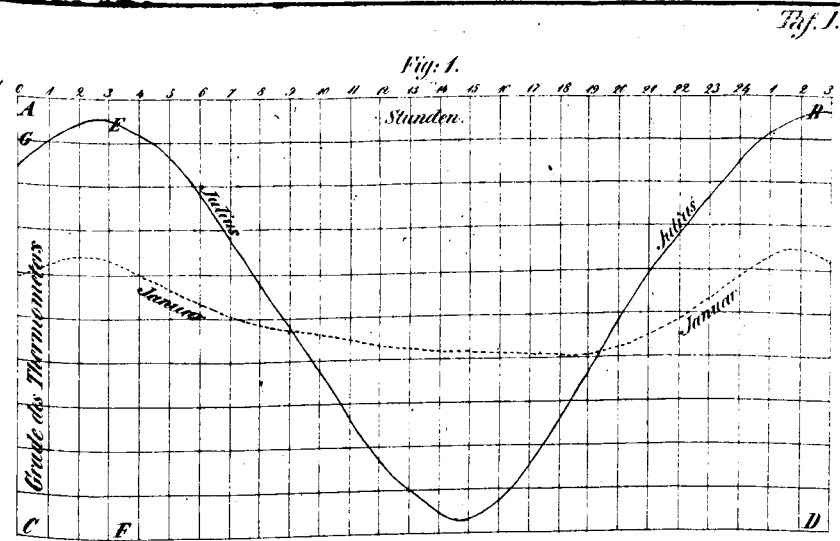
Halle,

Druck des Gebauer-Schweizerischen

Buchdruckerei.

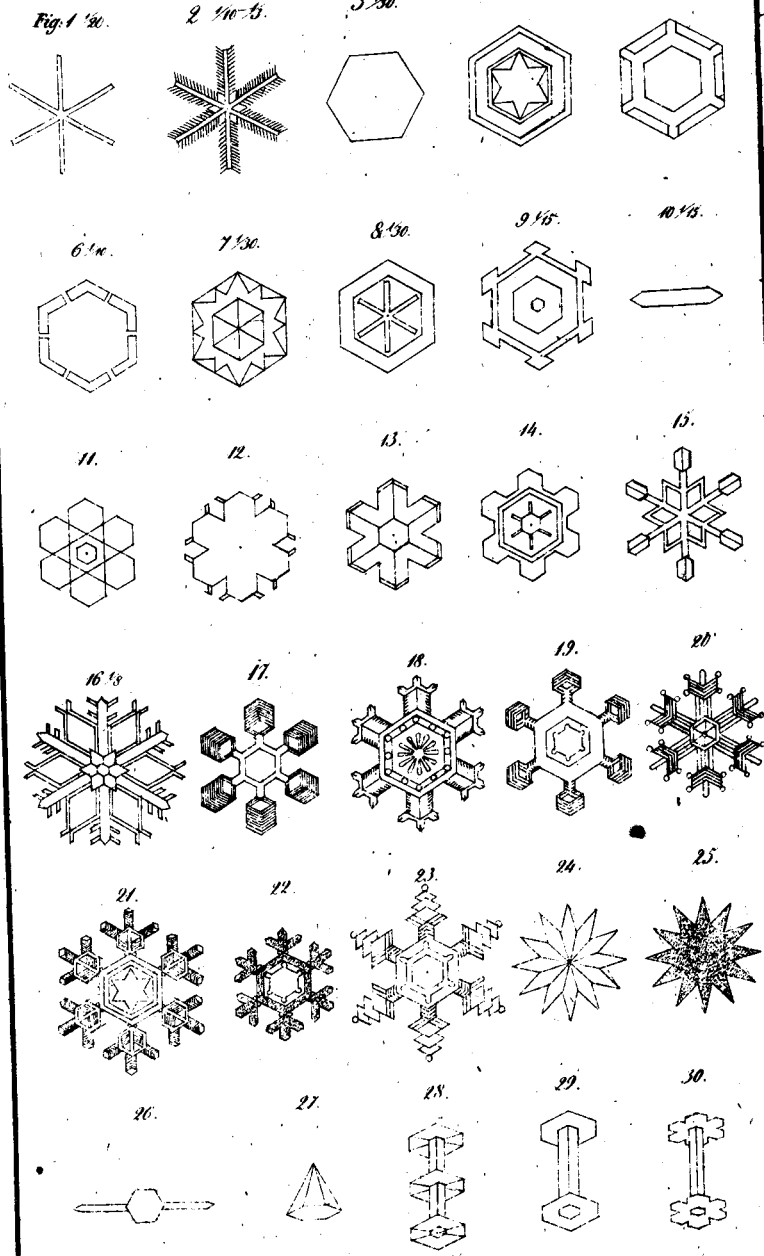
Berichtigungen.

- S. 32. 3. 15. lese man Erkaltung für Erwärmung
 — 39. — entfernt für entlehnt
 — 93. — 2. v. u. lese man $\frac{10.0 + 1.100}{11}$ für $\frac{10.0 + 10.}{11}$
 — 126. — 11. v. u. lese man Taf. II. Fig. 5. für Taf. III. Fig. 1.
 — 215. — 9. l. m. Wirkung für Ursache
 — 222. — 2. l. m. Westküste für Ostküste
 — 228. — 8. l. m. Taf. VI. für Taf. IV. Fig. 1.
 — 271. — 18. v. u. füge man „welcher“ nach „vermöge“ hinzu
 — 290. — 5. l. m. „und 4 Uhr Abends“ für „und Abends“
 — 317. — 3. l. m. Momenten für Monaten
 — 332. — 24. v. u. lies Taf. II. Fig. 6. für Taf. IV. Fig. 1.
 — 378. — 12. lies Barometerstandes für Beobachterstandes
 — 382. — 2. v. u. lies zuvor für zwar
 — 399. — 1. lies hievon statt hierin
 — 476. — 12. l. den Aether für der Aether
 — 504. — 6. l. Taf. V. Fig. 1. für Taf. IV. Fig. 1.
 — 507. — 3. v. u. l. Taf. V. Fig. 4. für Taf. IV. Fig. 2.
 — 533. — 4. l. gebrochene für getroffene
 — 536. — 19. l. Wolke für Sonne
 — 543. — 7. füge man nach Betrachtung hinzu „der Schwere“
 — 547. — 12. l. Südpoles für Nordpales.
-





1. 2. 3. 6. Cirrus, 4. Cumulus, 5. Cumulostratus.



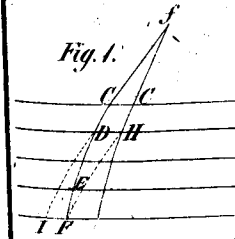


Fig. 1.

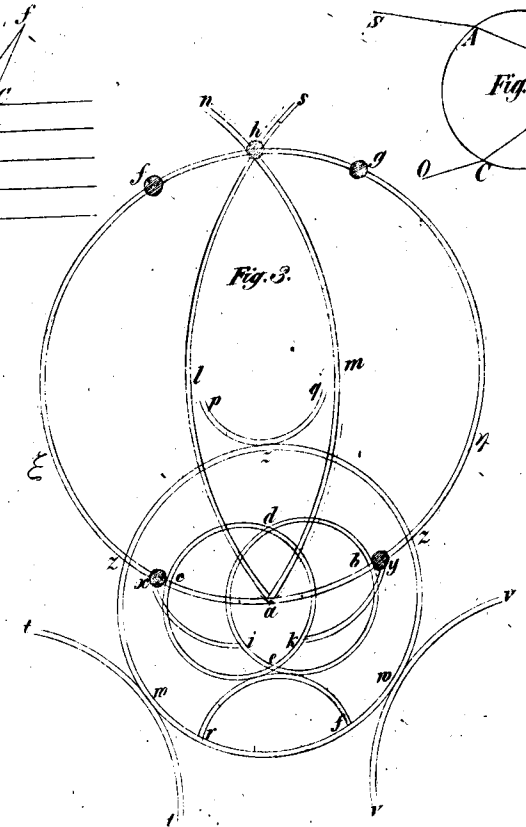


Fig. 3.

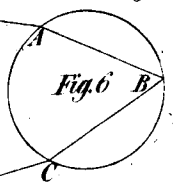


Fig. 6.

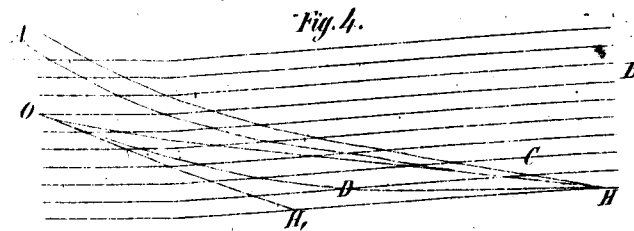


Fig. 4.

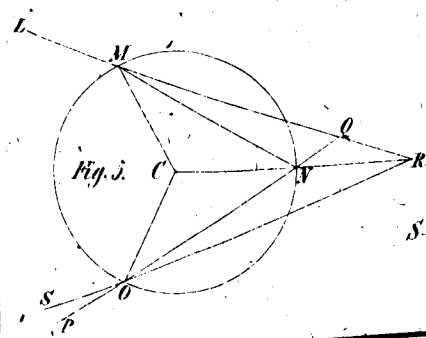


Fig. 5.

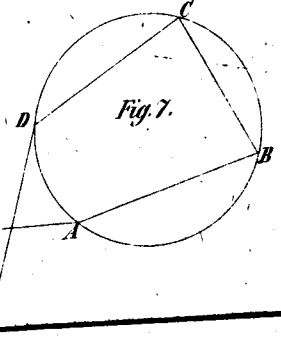


Fig. 7.

ISOTHERMEN und ISOGEOTHERMEN in der nördlichen HALBKUGEL.

Tab. VII.

Räumliche Verteilungen ab. Meeres:



In der obigen Charta sind die Isothermen durch ausgezogene, die Isogeothermen durch punkirte Linien angegeben. Die bei jeder dieser Linien stehenden Zahlen geben die zugehörige Temperatur in Graden des hunderttheiligen Thermometers an, und zögen sich die in Parenthese eingeschlossenen Zahlen auf die Isogeothermen, die freistehenden auf die Isothermen.